

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНО-
ЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг
обладнання хімічних виробництв"

Тема роботи: Відділення приготування сусла у виробництві пива. Розробити сусловарильний апарат.

Виконав:
студент групи ХМдн – 94чк
Шамкало Ігор Андрійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:
ст. викладач

з оцінкою _____ Корнієнко Віктор Миколайович
" ____ " _____ 20__ р. _____

підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії

СУМИ 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв"

Курс 4 Група ХМдн – 94чк Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Шамкалу Ігорю Андрійовичу

1 Тема роботи: Відділення приготування суслу у виробництві пива. Розробити су-сло варильний апарат.

2 Вихідні дані: Розробити сусловарильний апарат. Продуктивність установки – 10 млн. дал пива в рік, початкова концентрація сухих речовин в суслі - 11.5% мас., кінцева концентрація -9.4 %мас.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

1. Технологічна схема варильного відділення – 1 арк.
2. Складальне креслення сусловарильного апарата – 1,0 арк.
3. Креслення складальних одиниць – 2 арк.

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 384 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

жовтень 2022 р.

Керівник

підпис

ст. викл. Корнієнко В. М.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Опис технологічної схеми сушильної установки	8
1.2 Теоретичні основи процесу	9
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА	21
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу	21
2.2 Технологічні розрахунки	23
2.3 Конструктивні розрахунки	29
2.4 Гідравлічний опір апарата	33
2.5 Вибір допоміжного обладнання	35
3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ	45
3.1 Визначення товщини стінки апарата	45
3.2 Розрахунок бандажа та опорних роликів	50
3.3 Розрахунок зубчатої передачі	62
4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА	67
4.1 Монтаж розробленого апарата	67
4.2 Ремонт апарата	69
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	72
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	81
ДОДАТКИ	

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шамкало</i>			Відділення приготування сусла у виробництві пива. Розробити сусло варильний апарат.	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>КОРНІЄНКО</i>					4	81
<i>Н. контр.</i>						<i>СумДУ, гр. ХМдн-94чк</i>		
<i>Затв.</i>								

ВСТУП [1]

Ринок пива є одним з найбільш динамічних ринкових сегментів і посідає важливе місце в переробній промисловості України. Порівняно з європейськими ринками вітчизняний ще не достатньо розвинений і доступний для всіх бажаючих.

Внаслідок глобалізації економіки, в Україну прийшли такі відомі світові пивні бренди - датський Carlsbeg та американський ABInBev. Ці дві компанії спільно контролюють понад 45% вітчизняного виробництва пивних напоїв.

Вітчизняне пивоварне виробництво своїм розвитком завдячує в основному великим та середнім підприємствам. Натомість невеликі пивоварні поступово зникають з «пивної» карти України. Їх частка на ринку становить близько 6 %. Ситуація, що склалася, вказує на те, що пивний ринок поступово наближається до повного насичення. Четвірка лідерів пивоварної промисловості виглядає наступним чином: ABInBev Ukraine, Carlsbeg, Оболонь, SUBMiller BVH Ukraine та ін.

Незважаючи на те, що в Україні вирощують ячмінь у тій кількості, яка необхідна для виробництва солоду всім пивоварним заводам, якісної сировини не вистачає. Потреба пивної галузі в продукті переробки ячменю на солод складає 260 тис. т в рік, а за прогнозного збільшення виробництва пива - до 350 млн. дол. вона збільшиться відповідно до 600 тис. т. При цьому біля 15-20% вітчизняного солоду - низькоякісна сировина, яку можна використовувати лише для виробництва темних сортів пива. Дефіцит хмільової сировини і ячменю доводиться покривати за рахунок імпорту, а це, звичайно, відбивається на рентабельності виробництва і відпускній ціні.

Подальші перспективи українського ринку пива, головним чином, будуть залежати від загального рівня платоспроможності населення і доступності напою. Негативні тенденції спостерігатимуться внаслідок очікування росту цін на солод та непередбачуваних дій Уряду, які можуть позначитися на підвищенні податкових ставок. Також для пивоварної промисловості існують ризики введення додаткових ринкових регуляторів - заборона продажу пива вночі, ліцензування торгівлі

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та ін. Так як в сушло варильному апараті доводиться випаровувати значну кількість води при кип'ятінні сусла на протязі 1 -3 годин (не менше 8-12% від загального об'єму сусла, яке знаходиться в апараті), то поверхня теплопередачі в ньому повинна бути розвиненою. Крім того, конструкція апарата повинна забезпечувати інтенсивну циркуляцію киплячого сусла і малі теплові затрати.

В наш час найчастіше використовується обігрів сушло варильного апарата парою. Обігрів сусла і подальше його кипіння проводиться парою з використанням різних поверхонь теплообміну. Серед них можна виділити подвійне днище в яке подається пара і через стінку проходить контакт гріючої пари і сусла, при якому сушло нагрібається і кипить. Цей спосіб кип'ятіння сусла не досить надійний, так як, подвійне днище повинно бути надійно ізольоване, нагрівальну поверхню апарату погано ремонтувати і обслуговувати, подача пари в парову оболонку повинна проводитися за допомогою ізольованого кільцевого трубопроводу для того, щоб уникнути розриву рубашки, який відсутній в інших нагрівачах. В результаті тривалої експлуатації може відбутися змішування продукту з парою, при використанні цього способу також необхідні додаткові витрати на перемішування сусла, щоб уникнути його пригорання. Також є сушло варильні апарати, в яких поверхня теплообміну виготовлена у вигляді зовнішнього або внутрішнього кип'ятильника, який має форму кожуху трубного теплообмінника. Зовнішній кип'ятильник не вигідний тому, що при його роботі потрібно додатково витратити електроенергію на циркулювання сусла, а також потрібно додатково його теплоізолювати і потрібно додаткове місце в цеху для його розміщення. З цього випливає, що доцільніше використовувати внутрішній кип'ятильник для проведення кип'ятіння сусла. При варінні сусла в герметично закритому апараті із внутрішнім кип'ятильником отримується вторинний пар з невеликим надлишковим тиском. Такий пар можливо застосовувати в якості гріючого для різних технологічних потреб.

Варіння сусла під тиском вигідне не тільки з теплотехнічної точки зору. При підвищеній температурі кип'ятіння, екстрагування гірких речовин хмелю і коагуляція білків сусла відбувається швидше і краще. Тому зміна простих сушловарильних апаратів на герметичні із внутрішнім кип'ятильником цілком цілеспрямована.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також даний суловарильний апарат не використовує мішалки. За рахунок цього, зменшуються витрати на електроенергію. В новій конструкції суловарильного апарату днище конічної форми і нагрів здійснюється за рахунок високої температури пари, яка подається у внутрішній кип'ятильник, в якому сушло циркулює по всьому об'єму апарата. За рахунок цього сушло більше не буде пригоряти в нижній частині апарата. Через це відбувається зменшення механічної сили та коштів на очищення днища від підгорілої маси. На основі техніко - економічних розрахунків можна зробити висновок, що розробка конструкції суловарильного апарату з внутрішньою поверхнею теплообміну економічно доцільна.

В кваліфікаційній передбачено розроблення сушло варильний апарата з внутрішньою поверхнею теплообміну, що призначений для кип'ятіння сушла з хмелем і отримання охмеленого сушла.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми[1]

Подрібнений солод з відділення підготовки зерно- продуктів подається в заторний апарат (поз.1), де змішується з водою близько 54⁰С. після ретельного перемішування (затирання) витримують білкову паузу при 50⁰С протягом 15-30 хв. Потім 1/3 затору насосом (поз.2) перекачують в другий заторний апарат (поз.1). тут цю частину затору нагрівають до температури 62-63⁰С, витримують мальтозну паузу, потім температуру знову повільно підвищують до 70-72⁰С, проводять оцукрення. Потім відварку швидко нагрівають до кипіння і кип'ятять 15-30 хв. і перекачують насосом (поз.2) в заторний апарат (поз.1). в результаті змішування з відваркою температура затору підвищується до 62-63⁰С. витримують мальтозну паузу всього затору 15 хв. Потім знову відбирають 1/3 затору в відварний заторний апарат (поз.1) (друга відварка), нагрівають відварку до 70⁰С, витримують до повного оцукрення (15хв), нагрівають до кипіння, кип'ятять 10-20 хв., перекачують насосом (поз.2) в заторний апарат (поз.1). при цьому температура всього затору підвищується до 75⁰С. Проводять оцукрення всього затору протягом 20-25 хв. Потім всю масу із заторного апарату (поз.1), насосом (поз.2) перекачують в фільтраційний апарат (поз.4) і відділяють сусло від шротини одержане на початку фільтрування мутне сусло насосом (поз.5) повертають назад в фільтраційний апарат (поз.4). Прозоре сусло стікає в сусловарильний апарат (поз. 6). Шротина, яка залишилася на фільтраційному ситі промивається гарячою водою (70⁰С) і промивні води подаються в збірник промивних вод (поз.3) до тих пір, поки вміст сухих речовин в промивних водах не буде 3-3,5% мас. Промивку шротини гарячою водою припиняємо взагалі, коли вміст сухих речовин становитиме в промивних водах 0,5-1%мас. Промивні води після стерилізації використовують для приготування затору.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Промиту солодову шротину з фільтраційного апарату (поз.4) насосом (поз.7) перекачують в розподільчий бункер і звідти на реалізацію: для продажу на корм скоту.

В суловарильному апараті (поз.6) сусло кип'ятять з хмелем протягом 2 год. Гаряче сусло суловим насосом (поз.8) перекачується на освітлення і охолодження.

Пивне сусло – проміжний продукт для отримання готового пива. Від якості (складу) пивного сусла залежить якість готового пива.

Приготування пивного сусла включає в себе такі основні етапи:

- 1) Підготовка зернопродуктів до затирання
- 2) Затирання зернопродуктів
- 3) Фільтрація затору

Кип'ятіння сусла з хмелем

Описування технологічної схеми

1.2 Теоретичні основи процесу[1]

Важливим технологічним процесом являється затирання. Затиранням називається цілеспрямований і планомірний процес переведення екстрактивних речовин солоду і його замінників у розчин під дією ферментів.

Отже, головна мета затирання – переведення у розчин якомога більше екстрактивних речовин зернопродуктів і приготування сусла бажаного складу.

При затиранні мають місце ферментативні та не ферментативні процеси. До ферментативних процесів відносяться: ферментативний гідроліз крохмалю, ферментативний гідроліз білків та інші ферментативні процеси (гідроліз не крохмальних полісахаридів (геміцелюлоз), фосфорорганічних речовин).

До неферментативних процесів відносяться:

-взаємодія солей води з солями солоду, так як ферментативні процеси проходять у водному середовищі то сольовий склад води впливає на протікання фер-

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ментативних процесів. Значення рН обумовлюється сировиною. З метою виправлення води, що має високу гідро карбонатну жорсткість на заводах використовують гіпс, молочну кислоту, монокальцій фосфат; коагуляція білків – починається з підвищення температури до 60 °С і вище; денатурація білків – має місце при кип'ятінні відвару, так як при дії високих температур руйнуються водневі зв'язки; перехід в розчин розчинних речовин (мальтоза, глюкоза, фруктоза, дубильні речовини та гіркі речовини).

Ферментативний гідроліз крохмалю проходить під дією амілолітичних ферментів (амілази): α -амілази і β -амілази. Під дією α -амілази молекула крохмалю розпадається з утворенням 70-80% декстринів і 20-30% мальтози. α -амілаза розриває а- 1-4 глюкозний зв'язок хаотично тому утворюються декстрини різної молекулярної маси. Оптимальною температурою для дії ферменту α -амілаза є 70-72°C. витримка затору при цій температурі на протязі 20-30 хв. називається паузою оцукрення. Повнота оцукрення перевіряється по реакції з йодом. β -амілаза, як і α -амілаза в молекулі амیلози і амілопектину розриває зв'язок 1-4, але строго через два глюкозних залишки з утворенням більшої кількості мальтози (70-80%) і невеликої кількості декстринів (20-30%). Оптимальною температурою для дії ферменту β -амілази є 62-63°C. Витримка затору на виробництві при цій температурі називається мальтозною паузою. Таким чином, при одночасній дії ферментів α і β -амілази утворюється більша кількість мальтози і менша кількість декстринів (кінцевих).

При гідролізі крохмалю утворюються наступні декстрини:

амілодекстрини (проміжні продукти гідролізу крохмалю, які з йодом дають синьо-фіолетове забарвлення), еритродекстрини (дають з йодом червоно – буре забарвлення), ахродекстрини і мальтодекстрини - кінцеві декстрини, які забарвлення йоду не змінюють. Мальтоза, що накопичується при гідролізі крохмалю, далі зброджується з утворенням спирту і CO₂. Кінцеві декстрини обумовлюють в'язкість пива і повноту його смаку.

Ферментативний гідроліз білків при приготуванні затору відбувається під дією протеолітичних ферментів (протеази). Оптимальна температура для дії про-

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теолітичних ферментів є 52-52⁰С. витримку затору при цій температурі на протязі 10-30 хв. називають білковою паузою.

В процесі гідролізу білків утворюються наступні продукти: пептони – поліпептиди – пептиди – амінокислоти. Продукти гідролізу білків розділяються на стійко розчинні і нестійко розчинні. До стійко розчинних білків відносяться пептиди і амінокислоти. При кип'ятінні сусла ці речовини не піддаються коагуляції і в осад не випадають. Із них пептиди обумовлюють пінистість пива (тобто середньомолекулярні білки), а низькомолекулярні (амінокислоти) є живленням для дріжджів. До нестійких розчинних білків відносяться високомолекулярні продукти їх гідролізу, такі як пептони, поліпептиди. При кип'ятінні сусла з хмелем вони випадають в осад (коагулюють), а неповна їх коагуляція може бути причиною помутніння пива.

До інших ферментативних процесів відноситься гідроліз геміцелюлози під дією цитаз. Оптимальною температурою для цих ферментів є 40-43⁰С. витримка при цій температурі називається цитатною паузою.

Фосфорорганічні речовини гідролізуються під дією цитаз.

Варильний цех, де виготовляється охмелене сусла, складається з трьох відділень: дробильного, варильного,

машинного. Основним устаткуванням для виготовлення пивного сусла є заторно-варильний, фільтрувальний та сусловарильний апарати. В даному випадку ми застосуємо чотирьохапаратний агрегат, який складається з двох однакових заторновідварювальних апаратів , фільтрувального та сусловарильного апаратів. Кожний варильний агрегат забезпечується також хмелевіддільником, заторним і сусловим насосами та насосом мутного сусла.

Усі існуючі способи затирання поділяють на дві групи: настійні і відварювальні. Настійні способи затирання характеризуються тим, що температура затору підвищується інтервалами до 75⁰С і затор певний час витримується за певних температур.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відварювальні способи затирання передбачають підвищення температури всього затору за рахунок кип'ятіння частин затору й змішування їх з основною масою затору.

Відварювальні способи затирання застосовуються у трьох модифікаціях: з однією, двома і трьома відварками.

В даній курсовій роботі застосовується двовідварний спосіб затирання. Цей спосіб найпоширеніший і проводиться за різними температурними режимами залежно від якості солоду.

Порядок затирання такий. В один із заторних апаратів набирають певну кількість води ($1/3 - 1/2$ від усієї кількості) з температурою $54-56^{\circ}\text{C}$ і через передзаторник подають подрібнений солод і решту води при працюючій мішалці. Після набору розрахованої кількості води й солоду температура затору стає 50°C і затор залишають на $15 - 30$ хвилин для білкового гідролізу. Потім відбирають приблизно $1/3$ затору у другий апарат і повільно (1°C за хвилину) нагрівають при безперервно працюючій мішалці до $63-63^{\circ}\text{C}$, вимикають мішалку й проводять мальтозну паузу. Знову повільно підігрівають цю частину затору до $70-72^{\circ}\text{C}$ і здійснюють повне оцукрення, а вже потім її швидко нагрівають до кип'ятіння та кип'ятять $15-30$ хв. На цьому закінчується теплова обробка першої відварки, і її повільно перекачують при працюючих мішалках до основного затору так, щоб не сталося місцевого різкого зростання температури затору. Після з'єднання обох частин затору температура в ньому стає $63-65^{\circ}\text{C}$. після ретельного перемішування затору мішалку вимикають і затор лишають на оцукрення.

Потім відбирають другу відварку і повільно нагрівають її до 70°C , проводять оцукрення і швидко нагрівають до кипіння та кип'ятять 20 хв. Після повернення відварки за всіма правилами до основної частини затору весь затор набуває температури 75°C і стає готовим до фільтрування.

Мета фільтрування затору – відокремлення сусла від дробини з найменшими витратами екстрактивних речовин. Тому процес фільтрування ділиться на дві стадії: спочатку відбувається фільтрування першого сусла, а потім вилужування (вимивання) екстракту, який утримує шротина.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даній кваліфікаційній роботі застосовується фільтрація в фільтраційному апараті, який представляє собою сталевий циліндричний посуд з плоским дном. Він має сферичну кришку і витяжну трубу для видалення пари в атмосферу. Основою для фільтруючого шару шротини служить друге розбірне ситчасте дно. В фільтраційному апараті знаходиться розрихлювач, який розрихлює шротину при її промиванні водою, а також розвантажує її. Для рівномірного промивання шротини гарячою водою над розрихлювачем встановлено сегнерове колесо.

Для відводу відфільтрованого суслу від основного дна апарата застосовуються трубки, при чому кожна оснащена фільтраційним краном для регулювання швидкості фільтрування і попередження потрапляння повітря через трубки в підситовий простір.

Фільтраційний апарат оснащений регулятором тиску для визначення в кожний момент фільтраційного тиску і зміни швидкості фільтрування одним загальним краном. Фільтрація затору основана на принципі самотікання рідкої фази по капілярним протокам з різною площею перетину і різною довжиною, розміщеним в шарі шротини.

Фільтрація затору складається з двох операцій: фільтрації першого сусла і промивання шротини водою.

Перед фільтрацією затору проводять підготовку фільтраційного апарата: промивають його, перевіряють щільність замкнення люка для вивантаження шротини і вкладають сита щільно, потім закривають крани фільтраційної батареї і наповнюють під ситовий простір апарата гарячою водою, щоб витіснити повітря і забезпечити суцільний шар рідини під ситчастим дном.

Вода подається знизу і повинна покривати ситчасте дно шаром 1 см. Затоп перекачують насосом в апарат і залишають на 20-30 хв. для розшарування шротини і утворення фільтруючого шару.

Коли шротина добре осяде, починають фільтрацію першого сусла. Для цього крани почергово (по одному або по два) швидко і на короткий строк ривками відкривають і закривають, щоб викликати вихровий рух рідини під ситами і видалити частину мілких частинок затору. Воду і мутне сусло спускають в приймаль-

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ник і перекачують насосом по трубі назад в фільтраційний апарат. Після цього починають фільтрацію сусла. Прозоре сусло з приймального самопливом поступає в сусло варильний котел.

Швидкість і рівномірність фільтрації регулюють ступенем відкриття кранів (вони повинні бути відкритими на $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{5}$ поперечного перерізу).

Як тільки перше сусло відфільтроване і поверхня шротини в апараті ще не виявилася, приступають до промивання шротини. Шротину промивають гарячою водою (75-80°C), яку подають через промивний апарат. Промивка повинна йти швидко, щоб запобігти закисанню затору. Для кращого промивання шротину розрихлюють, залишаючи незайманим нижній шар (близько 10 см)

Вилужування шротини водою ведуть до тих пір, поки вміст сухих речовин в промивних водах буде не більше 0,5% по цукроміру. При більшій концентрації промивної води використовують на затирання наступного затору. Існує два способи промивки шротини – промивка з наливом і безперервна.

При промивці з наливом на шротину наливають шар гарячої води (після того як відфільтровано перше сусло), фільтрують першу промивну воду, потім знову наливають воду і продовжують фільтрацію.

При безперервному промиванні подачу води ведуть таким чином, щоб над шротиною весь час знаходився невеликий шар води. По закінченні фільтрації шротину вивантажують із фільтраційного апарата за допомогою відцентрового насоса до господарчого двору, де вже встановлено бункер.

Одержане після фільтрації перше сусло і промивні води направляють в сусловарильний апарат для кип'ятіння з хмелем. Метою кип'ятіння сусла з хмелем є стабілізація його хімічного складу шляхом інактивації ферментів, стерилізація, доведення концентрації сухих речовин до потрібної величини,

тобто видалення надлишкової води шляхом випаровування, збагачення сусла хмелевими речовинами та коагуляція нестійких білкових речовин.

Хміль можна вносити в сусло у вигляді цілих або подрібнених шишок, а також у вигляді хмелевого екстракту.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найчастіше хміль вносять до сусла в два – три прийоми. При внесенні хмелю в три прийому спочатку в апарат вносять половину розрахованої і приготовленої норми, поки дно або змішувачі суслу варильного апарата покриються сушлом (у сухий апарат хміль ніколи не вносять), 25% за 1 год. й останні 25% за 0,5 год. до закінчення кип'ятіння сусла. Хмелевий екстракт вносять за 60 хв. до кінця кип'ятіння, повільно, при працюючій мішалці.

Перед кип'ятінням температуру сусла весь час до закінчення збирання промивної води підтримують на рівні 70-75⁰С, щоб пройшло повне оцукрення крохмалю, який вимивається із шротини. Потім починають більш інтенсивно нагрівати сусло до кип'ятіння. Слід зауважити, що в момент закипання сусло сильно піниється й може вилитися через край апарата. Тому нагрівання в цей період слід проводити при працюючій мішалці. Її вимикають, коли досягається рівномірне й спокійне кип'ятіння.

Закінчення процесу кип'ятіння визначається не часом, а більш важливими показниками. Як уже зазначалося, білки повинні бути добре зварені. Це встановлюють візуально за допомогою пробного стакана. Сусло повинно бути прозорим, а залишок – у вигляді різко окреслених пластівців.

Головним показником закінчення варіння сусла є його концентрація сухих речовин відповідно до сорту пива, що виготовляється. Вона повинна бути точно стандартною або трохи меншою за кількість води, що випаровується при охолодженні сусла залежно від наявної апаратури для цього.

Утворені пластівці, прозорість сусла й необхідна його концентрація визначають закінчення кип'ятіння.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів [3]

Кип'ятіння сусли ведуть у сусловарильних апаратах, у яких створюються всі умови для інтенсивного кип'ятіння сусли. В наш час найчастіше використовується обігрів сусловарильного апарата парою. Обігрів сусли і подальше його кипіння проводиться парою з використанням різних поверхонь теплообміну. У сусловарильних апаратах вітчизняної конструкції обігрів проводиться за допомогою подвійного днища в яке подається пара і через стінку проходить контакт гріючої пари, при якому сусли нагрівається і кипить. При такому способі необхідні додаткові витрати на перемішування сусли щоб уникнути його пригорання, подвійні парові днища, які через свою велику площу сильно ушкоджуються під вакуумом, коли наприкінці варіння забувають відкрити повітряний вентиль. У цьому випадку днища зближаються і через деформування стають зовсім непридатними. Подвійні днища відрізняються також поганою тепловіддачею. Ч сусловарильних апаратах зарубіжного виробництва (Zietaпп, Ниртапп- Німеччина), поверхня теплообміну виготовлена у вигляді внутрішнього кип'ятильника, який має форму кожухотрубного теплообмінника. Зовнішній кип'ятильник гірший тим, що при його експлуатації необхідні такі витрати

- на придбання устаткування (трубопроводи, теплообмінник, циркуляційний насос), а також потрібно провести ізоляцію цього додаткового обладнання;

- примусова циркуляція вимагає додаткових витрат електроенергії для перекачки сусли;

- при високих швидкостях потоку сусли виникають дотичні напруження.

З цього випливає, що доцільніше використовувати внутрішній кип'ятильник для проведення кип'ятіння сусли. При варінні сусли в герметично закритому апараті із внутрішнім кип'ятильником отримується вторинний пар з невеликим надлишковим тиском. Такий пар можливо застосовувати в якості гріючого для різних технологічних потреб. Варіння сусли під тиском вигідне не тільки з теплотехніч-

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ної точки зору. При підвищеній температурі кип'ятіння, екстрагування гірких речовин хмелю і коагуляція білків сусла відбувається швидше і краще. Тому зміна простих суслотварильних апаратів на герметичні із внутрішнім кип'ятильником цілком цілеспрямована.

Суслотварильний апарат фірми "Ziemann"

Суслотварильний апарат складається з корпусу (поз. 1), кришки (поз. 8), днища (поз. 3). В середині апарату встановлений кип'ятильник (поз. 2), що являє собою кожухотрубний теплообмінник з циркуляційною трубою в середині, кріпиться до днища за допомогою фланцевого з'єднання. Апарат опереться на стійки (поз. 4), які закріплюються фланцями до фундаменту. У верхній частині апарату розташована труба по відводу вторинної пари (поз. 6). Труба має каплевловлювач (поз. 7) де збирається і відводиться конденсат вторинної пари. Апарат має оглядовий люк і ліхтар, для спостереження за технологічним процесом, та доступу в апарат. Для опускання в апарат передбачена драбина (поз. 5). В верхній частині апарату розташовані мийні головки (поз. 10). Над кип'ятильником закріплений конус і зонт – відбивник (поз. 9), для перемішування та розбивання сусла і його інтенсивного випаровування. Для контролю за процесом в апараті встановлені контрольні-вимірні прилади термометр та цукромір. Ззовні апарат покривається шаром теплоізоляційного покриття (скловата) і тонкостінною оболонкою, що зварюється з листів нержавіючої сталі.

Сусло задається в апарат відцентровим насосом у нижню частину циліндричного корпусу по патрубку Ж і направляється до трубок кип'ятильника, по яким піднімається вгору і ударяється об зонт – відбивник і розподіляється по всьому апарату. При цьому сусло нагрівається, добре перемішується і інтенсивно випаровується.

У цей час у кип'ятильник подається гріюча пара по патрубку З. Конденсат із міжтрубного простору кип'ятильника відводиться по патрубку Г.

Кип'ятіння триває 60 - 70 хв. при температурі сусла 103° С. Вторинна пара, що утворюється при кип'ятінні сусла відводиться через верхню витяжну трубу.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конденсат вторинної пари збирається у верхній частині кришки і відводиться через патрубок Н. Після закінчення процесу кип'ятіння сусло відкачується через патрубок В, потім апарат промивається за допомогою нерозбірної мийної системи СІР (поз. 11).

Через патрубки Ж і А проводиться циркуляція сусла. Хміль в апарат задають через патрубок Б.

Технічна характеристика сусловарильного апарату

Одноразовий засип, т	8
Об'єм, м ³	
загальний	72.5
корисний	58
Загальна площа обігріву, м ²	25
Теплоносій	насичена пара
Тиск насиченої пари, МПа	0.5
Температура пари, °С	150
Витрата пари, кг/с	1.7
Габаритні розміри, мм	
діаметр	5000
висота	7200

Правила експлуатації сусло варильного апарату

Перед заповненням апарату слід перевірити його на відсутність в ньому людей і по сторонніх предметів. Потім слід перевірити цілісність трубопроводів подачі та відведення сусла, пари та конденсату. При заповненні апарату слід відкрити заслінки на трубі відводу вторинних парів. Також треба перевірити справність запірної арматури, перевірити справність програмного забезпечення, справність датчиків.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час роботи апарата треба слідкувати за рівнем заповнення апарату, за тиском пари в трубопроводі та температурою суслу в апараті. Також треба слідкувати, щоб тиск в апараті не перевищував допустимий. Не дозволяється залишати робоче місце без нагляду. Після закінчення варки закрити подачу граючої пари. При розвантаженні апарата потрібно відкрити заслінку на трубі відводу вторинних парів. При несправностях під час роботи слід доповідати майстрові або начальнику цеха. По закінченню роботи потрібно прибрати робоче місце, провести миття апарату, виконати огляд апарата на наявність пошкоджень, здати робоче місце наступній зміні та попередити наступну зміну про неполадки обладнання виявлені під час роботи.

Вибір основних конструкційних матеріалів

В якості матеріалу для обладнання варильного цеху, практично використовується нержавіюча сталь, яка дозволяє проводити із тепло – технічної і санітарної точки зору необхідну інтенсивну очистку і дезінфекцію, за виключенням поверхонь теплообміну, яку деякі виробники виготовляють із плакованого матеріалу сталь – нержавіюча сталь з метою підвищення коефіцієнту теплопередачі від 900 приблизно до 1000 Вт/м². Оригінальні мідні покриття обладнання варильного цеху при необхідності не знімають з метою покращення зовнішнього вигляду обладнання і захисту його від корозії.

Замість маючої високу теплопровідність міді для виготовлення суслотварильних апаратів на зміну прийшла більш дешева нержавіюча сталь. До того ж мідь не придатна для автоматичної мийки. Але тому, що нержавіюча сталь має відносно низький коефіцієнт теплопровідності, то частини апарату, що обігриваються, іноді виготовляють з "чорної" сталі, у внутрішній частині якої методом спільної прокатки наносять тонкий шар нержавіючої сталі (так звана плакована сталь). Звичайно, плаковані матеріали дорогі у виготовленні, і тому здебільшого застосовують нержавіючу сталь з відповідним збільшенням поверхні нагрівання.

Сталь 12X18T10T задовольняє всі вимоги: стійкість до середовища (барда, її пари та конденсат що мають високу хімічну агресивність), механічна міцність

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

та властивість зварюватися [6, с. 125]. Сталь технологічна в обробці, добре деформується в гарячому та холодному станах. Сталь добре зварюється і не потребує обов'язкової термічної обробки виробу після зварювання.

Виходячи з вищевказаного, в якості конструкційного матеріалу для випарної установки вибираємо сталь 12Х18Н10Т ГОСТ ГОСТ 5632-80.

В даних умовах швидкість корозії складає не більше 0,1 мм/рік, коефіцієнт теплопровідності $\lambda=17,5$ Вт/(м·К)

Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу[6]

Потужність пивзаводу згідно завдання складає 10 млн. дал на рік.

Витрата зернопродуктів на 1 дал пива становить 2.2 кг/дал.

Визначаємо річну витрату зерно продуктів (в кг)

$$G_p = M \cdot m = 10 \cdot 10^6 \cdot 2.2 = 22 \cdot 10^6 \quad (2.1)$$

Визначаємо добову витрату зерно продуктів на варильний агрегат (в кг)

$$G_g = \frac{G_p \cdot k_{кв}}{Z_{кв} \cdot \tau_m} = \frac{22 \cdot 10^6 \cdot 0.3}{3 \cdot 28.5} = 77193 \quad (2.2)$$

де $k_{кв} = 0,3$ – коефіцієнт, що враховує переробку зернопродуктів у найбільш напружений період роботи заводу (у 2 та 3 кварталах переробляється до 30 % зернопродуктів від річної кількості);

$Z_{кв} = 3$ – число місяців у кварталі;

$\tau_m = 28.5$ діб – тривалість роботи варильного агрегату на протязі місяця.

Добова кількість варок дорівнює 10 тоді одноразовий засип зернопродуктів складає (в т)

$$G = \frac{77193}{10 \cdot 1000} = 7.7$$

Приймаємо до встановлення варильний агрегат з одноразовим засипом $G=8000$ кг. Тепловий розрахунок

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо витрату тепла на апарат, для цього знаходимо кількість сусла (в кг)

$$G_c = V_k \cdot \rho_c = 58 \cdot 1034 = 59972 \quad (2.3)$$

де $\rho_c = 1034 \text{ кг/м}^3$ – густина сусла при температурі 95°C , [2, с. 528].

Знаходимо витрату тепла (в Вт) на нагрівання сусла до кип'ятіння

$$Q_H = \frac{G_c \cdot C \cdot (t_k - t_{вх}) \cdot K_{втр}}{\tau_{нагр}}, \quad (2.4)$$

де $C = 3.93 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$ – теплоємність сусла при температурі 95°C , [2, с. 528];

$t_k = 107^\circ \text{C}$ – температура кипіння сусла, [4, с. 96];

$t_{вх} = 95^\circ \text{C}$ – температура сусла на вході в апарат, [4, с. 100].

$K = 1.05$ – коефіцієнт втрат тепла в навколишнє середовище;

$\tau_{нагр} = 1800 \text{ с}$ – час нагрівання сусла до температури кипіння, [4, с. 102].

$$Q_H = \frac{59972 \cdot 3.93 \cdot 10^3 \cdot (107 - 95) \cdot 1.05}{1800} = 1649829$$

Розраховуємо витрати тепла на кип'ятіння.

Попередньо визначаємо кількість випареної вологи при кип'ятінні (в кг)

$$W = G_c \cdot \left(1 - \frac{B_{п}}{B_{к}}\right) = 59972 \cdot \left(1 - \frac{9.5}{11.5}\right) = 10429 \quad (2.5)$$

де $B_{п} = 9.5\%$ - початкова концентрація сухих речовин;

$B_{к} = 11.5\%$ - кінцева концентрація сухих речовин для світлого типу пива.

Визначаємо витрату тепла на кип'ятіння (в Вт)

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_k = \frac{W \cdot r \cdot K_{втр}}{\tau_{кип}} = \frac{10429 \cdot 2240 \cdot 10^3 \cdot 1.05}{7200} = 3406806 \quad (2.6)$$

де $r=2240$ кДж/кг – питома теплота пароутворення, [2, с. 518];

при $t_{п}=150^{\circ} \text{C}$;

$\tau_{кип} = 7200$ с – тривалість кип'ятіння сусли, [4, с. 302].

2.2 Технологічні розрахунки

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі між середовищами.

Знаходимо коефіцієнт теплопередачі від пари до стінки (в Вт/м²·К), [4, с. 85]

$$\alpha_1 = c \cdot \sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \cdot \lambda^3}{\mu}} \cdot \frac{\sqrt[4]{\Gamma}}{\sqrt[4]{L \cdot (t_r - t_{ст})}}, \quad (2.7)$$

де $C=0,553$ – коефіцієнт пропорційності (для вертикальних труб);

λ – коефіцієнт теплопровідності конденсату, Вт/(м·К);

μ – коефіцієнта в'язкості конденсату, Па·с;

r – прихована теплота пароутворення, кДж/кг;

$t_{п}, t_{ст}$ – температура пари та стінки, °С;

$L=2.15$ – лінійний розмір (для вертикальних стінок і трубок $L=N$).

Значення всіх величин, що входять в корінь четвертого степеня $\sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \cdot \lambda^3}{\mu}}$, приймають по табл. 9 [4, с. 85] в залежності від середньої температури плівки конденсату (в °С)

$$T_{ср.п.к.} = 0.5 \cdot (t_{п} + t_{ст}) = 0.5 \cdot (150 + 125.5) = 138$$

де $t_{ст}$ – температура стінки, °С.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо середню температуру поверхні стінки при контакті з паром (в °С)

$$t_{\text{ст}} = 0.5 \cdot \left(\frac{t_1 + t_2}{2} + \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{к}}}{2} \right), \quad (2.8)$$

де $t_{\text{п}}=150^\circ \text{C}$ – температура гріючої пари;

$t_{\text{к}}=150^\circ \text{C}$ – кінцева температура конденсату;

$t_1=107^\circ \text{C}$ – кінцева температура сусли;

$t_2=95^\circ \text{C}$ – початкова температура сусли.

$$t_{\text{ст}} = 0.5 \cdot \left(\frac{107 + 95}{2} + \frac{150 + 150}{2} \right) = 125.5$$

Знайдені величини підставляємо у формулу

$$\alpha_1 = \frac{0.533 \cdot 12200 \cdot 6.81}{\sqrt[4]{2.15 \cdot (150 - 125.5)}} = 16401$$

Знаходимо коефіцієнт теплопередачі від стінки труби до сусли.

Для цього визначаємо критерій Рейнольдса при нагріванні сусли до температури кипіння

$$Re = \frac{w \cdot d_{\text{ср}} \cdot \rho_{\text{с}}}{\mu} = \frac{3 \cdot 0.055 \cdot 1034}{0.769 \cdot 10^{-3}} = 0.22 \cdot 10^6 \quad (2.9)$$

де $w=3 \text{ м/с}$ – швидкість руху середовища, [3, с. 297];

$d_{\text{ср}}=0.055 \text{ м}$ – діаметр трубки кип'ятильника;

$\rho = 1034 \text{ кг/м}^3$ – густина сусли при температурі 95°C , [2, с. 528];

$\mu = 0.769 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – коефіцієнт динамічної в'язкості сусли при температурі 95°C , [2, с. 528].

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо критерій Прандтля по формулі

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{3.93 \cdot 10^3 \cdot 0.000769}{0.616} = 4.9 \quad (2.10)$$

де $\lambda=0.616$ Вт/м²К – коефіцієнт теплопровідності сула при $t=95^\circ$ С, [2, с. 183].

Визначаємо критерій Нусельта при умові, що $Re > 10000$

$$Nu = 0.023 \cdot \varepsilon_e \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} \quad (2.11)$$

де $\varepsilon_e = 1.01$ – поправочний коефіцієнт при відношенні $l/d=40$, [4, с. 46].

$$Nu = 0.023 \cdot 1.01 \cdot 220000^{0.8} \cdot 4.9^{0.4} = 824$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки до сула (в Вт/м²К)

$$\alpha_2 = \frac{\lambda}{d} \cdot Nu = \frac{0.616}{0.055} \cdot 824 = 9228 \quad (2.12)$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі між середовищами, підставляючи раніше визначені величини у формулу (в Вт/м²К)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{16401} + \frac{0.0015}{16} + \frac{1}{9228}} = 3801 \quad (2.13)$$

де $\lambda=16$ Вт/м²К – коефіцієнт теплопровідності (нержавіючої сталі);

$\delta = 0.0015$ м – товщина стінки трубок;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки до сула;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від пару до стінки трубки.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо середню різницю температур згідно графіка, рисунку 2.1.

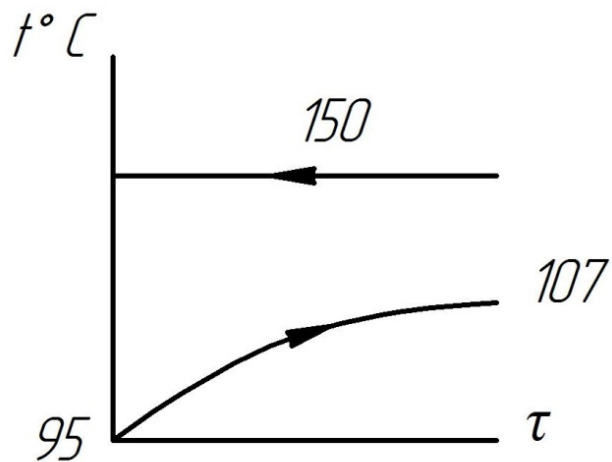


Рисунок 2.1 Графік температурних навантажень .

$$\Delta t_{\text{Г}} = 150 - 95 = 55^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{М}} = 150 - 107 = 43^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\text{Г}} + \Delta t_{\text{М}}}{2} = \frac{55 + 43}{2} = 49^{\circ}\text{C} \quad (2.14)$$

Визначаємо площу теплопередачі при нагріванні сусла, підставивши дані у формулу (в м²)

$$F = \frac{1649829}{3801 \cdot 49} = 8.9$$

Приймаємо площу теплопередачі $F=10 \text{ м}^2$.

Визначаємо критерій Рейнольдса при кип'ятінні за формулою

$$Re = \frac{3 \cdot 0.055 \cdot 1015}{0.721 \cdot 10^{-3}} = 0.23 \cdot 10^6$$

де $\rho = 1015 \text{ кг/м}^3$ – густина сусла при температурі 107°C , [2, с. 528];

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\mu = 0.721 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ – коефіцієнт динамічної в'язкості суслу при температурі 107° C , [2, с. 528].

Знаходимо критерій Прандтля по формулі

$$Pr = \frac{3.9599 \cdot 10^3 \cdot 0.721 \cdot 10^3}{0.619} = 4.6$$

де $C=3.9599 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$ – теплоємність суслу при температурі 107° C , [2, с. 528].

Визначаємо критерій Нусельта при умові, що $Re > 10000$ по формулі

$$Nu = 0.023 \cdot 1.01 \cdot 230000^{0.8} \cdot 4.6^{0.4} = 832$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки до суслу (в $\text{Вт/м}^2\text{K}$)

$$\alpha_2 = \frac{0.619}{0.055} \cdot 832 = 9363$$

де $\lambda=0.619 \text{ Вт/м}^2\text{K}$ – коефіцієнт теплопровідності суслу при температурі 107° C , [2, с. 183].

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі між середовищами при кип'ятінні, підставляючи раніше визначені величини у формулу (в $\text{Вт/м}^2\text{K}$)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{16401} + \frac{0.0015}{16} + \frac{1}{9363}} = 3823$$

Визначаємо середню різницю температур згідно графіка, рисунок 2.2.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

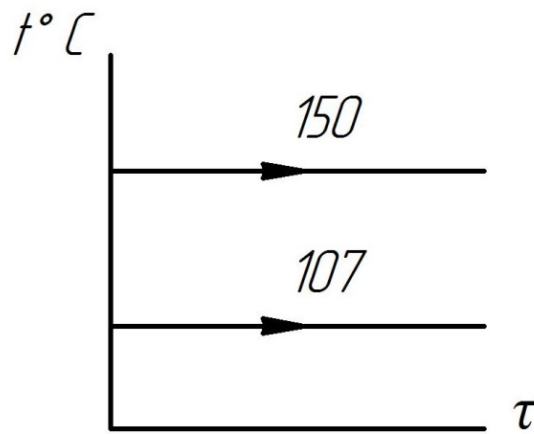


Рисунок 2.2 Температурні навантаження при кипінні

$$\Delta t_{\text{пов}} = 150 - 107 = 43^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = \Delta t_{\text{пов}} - \sum \Delta = 43 - (2 \div 3) = 41 \dots 40^{\circ}\text{C}$$

Приймаємо $\Delta t = 41^{\circ}\text{C}$.

Визначаємо площу теплопередачі при кип'ятінні сула, підставивши дані у формулу (в m^2)

$$F = \frac{3406806}{3823 \cdot 41} = 22$$

З урахуванням відкладення накипу приймаємо до встановлення кип'ятильник із площею теплопередачі $F=25 \text{ m}^2$.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Конструктивні розрахунки[6]

На кожні 100 кг солоду виходить сусла в середньому 720 л (в суміші з промивною водою) [6, с. 80].

Визначаємо корисний об'єм сусло варильного апарату (в м³)

$$V_k = \frac{G \cdot V_g}{100} = \frac{8000 \cdot 720}{100} = 58 \quad (2.15)$$

де $G=8000$ кг – одноразовий засип зерно продуктів;

V_g – середній вихід сусла на 100 кг солоду.

Знаходимо повний об'єм сусло варильного апарату одноразовим засипом 8 тон зерно продуктів (в м³)

$$V = \frac{V_p}{\varphi} = \frac{58}{0.8} = 72.5 \quad (2.16)$$

де $\varphi = 0.8$ – коефіцієнт заповнення апарату.

Знаходимо геометричні розміри запроєктованого апарату. Для цього приймаємо співвідношення між висотами і діаметром апарата:

$H=0.61D$ - висота циліндричної частини апарату;

$h_1=0.17D$ - висота верхньої конічної частини апарату;

$h_2=0.17D$ - висота нижньої конічної частини апарату.

Знаходимо діаметр апарату (в м) виходячи з формули

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left(H + \frac{1}{3} \cdot h_1 + \frac{1}{3} \cdot h_2 \right) \quad (2.16)$$

Тоді

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left(0.61 \cdot D + \frac{1}{3} \cdot 0.17 \cdot D + \frac{1}{3} \cdot 0.17 \cdot D \right) = 0.567 \cdot D^3$$

Звідси

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_3}{0.567}} = \sqrt[3]{\frac{72.5}{0.567}} = 5.0 \quad (2.17)$$

Приймаємо діаметр апарату $D=5.0$ м.

Із вище приведених співвідношень визначаємо висоту апарату (в м):
висота циліндричної частини

$$H = 0.61 \cdot 5.0 = 3.05$$

висота конічних частин

$$h_1 = 0.17 \cdot 5.0 = 0.85$$

$$h_2 = 0.17 \cdot 5.0 = 0.85$$

Загальна висота апарату (в м)

$$H_{\text{заг}} = H + h_1 + h_2 = 3.05 + 0.85 + 0.85 = 4.75 \quad (2.18)$$

Конструктивний розрахунок кип'ятильника[5]

Знаходимо число трубок у кип'ятильнику (в шт.)

$$Z_p = \frac{F}{\pi \cdot d_3 \cdot l} = \frac{25}{3.14 \cdot 0.055 \cdot 2.15} = 77 \quad (2.19)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $d_{cp}=0.055$ м – діаметр трубки кип'ятельника;

$l=2.15$ м – довжина трубок.

З урахуванням відкладення накипу збільшуємо число труб до 94.

$$Z_{заг} = Z_p \cdot 1.2 = 77 \cdot 1.2 = 94$$

Приймаємо загальну кількість трубок у кип'ятельнику $Z_3=94$ шт.

Обираємо спосіб розміщення трубок у кип'ятельнику по сторонах правильних шестикутників.

Визначаємо число труб, що розміщуються по діаметру трубної решітки (в шт.), [5, с. 136]

$$n_d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot F}{3 \cdot \beta \cdot t'}} \quad (2.20)$$

де t – крок труб, м [6, с. 137]

$$t = 1.32 \cdot d_3 = 1.32 \cdot 0.055 = 0.0726$$

де 1.32 – для розвальцьованих трубок, [1, с. 64];

$d_3=0.055$ м – діаметр трубки кип'ятельника;

β – відношення висоти чи довжини робочої частини теплообмінника до його діаметра.

$$\beta = \frac{h}{D} = \frac{1}{D} = \frac{3 \div 5}{1} \quad (2.21)$$

$$n_d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 25}{3 \cdot 3.14 \cdot 0.053 \cdot 0.0726 \cdot 5}} = 8.2$$

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $n_d=8$ шт.

Визначаємо діаметр кип'ятильника (в м), [5, с. 67]

$$D = D_1 + (n_d - 1) \cdot t + 4 \cdot d_3 \quad (2.22)$$

де $D_1=0.3$ м – діаметр центральної труби.

$$D = 0.3 + (8 - 1) \cdot 0.0726 + 4 \cdot 0.055 = 1.02$$

Приймаємо $D=1000$ мм.

Знаходимо витрату теплоносія (пари), за формулою (в кг/с)

$$G = \frac{Q_k}{i - \theta} \quad (2.23)$$

де $Q_k=3406806$ Вт – витрата тепла на кип'ятіння сула;

$i=2650 \cdot 10^3$ кДж/кг – ентальпія пари, [1, с. 160];

θ – ентальпія конденсату (в кДж/кг).

Визначаємо

$$\theta = C_b \cdot t_{\pi} = 4.291 \cdot 10^3 \cdot 150 = 643650 \quad (2.24)$$

де $C_b=4.291$ кДж/кг·К – питома теплоємність конденсату, [2, с. 520];

$t_{\pi}=150^{\circ}$ С – температура конденсату.

$$G = \frac{3406806}{2650 \cdot 10^3 - 643650} = 1.7$$

Розраховуємо діаметр патрубків кип'ятильника, (в м)

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_n = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{G}{\rho \cdot v}}, \quad (2.25)$$

де $\rho = 4.085 \text{ кг/м}^3$ – густина пари при температурі 150°C , [2, с. 520];

$G=2.5 \text{ кг/с}$ – витрати теплоносія;

$v=30 \text{ м/с}$ – швидкість руху робочого середовища, [1, с. 68].

$$d_n = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{2.5}{4.085 \cdot 30}} = 0.161$$

Приймаємо $d_n=200 \text{ мм}$.

Визначаємо діаметр патрубку по відводу конденсату, (в м)

$$d_{n.k.} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{G}{\rho_k \cdot v_k}}, \quad (2.26)$$

де $\rho_k = 958.3 \text{ кг/м}^3$ – густина конденсату пари при температурі 150°C ;

$v_k=0.5 \text{ м/с}$ – швидкість руху конденсату, [1, с. 68].

$$d_{n.k.} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{2.5}{958.3 \cdot 0.5}} = 0.08$$

Приймаємо $d_{n.k.}=80 \text{ мм}$.

2.4 Гідравлічний опір апарата[2]

Оптимальний рівень киплячої рідини (для оптимальних умов тепловіддачі):

$$h = (0,26 + 0,0014 \cdot (\rho_p - \rho_v)) \cdot H_{тр} = (0,26 + 0,0014 \cdot (1051 - 942)) \cdot 2,15 = 1,94 \text{ м}, \quad (2.27)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\rho_p = \rho_{p1} = 1015 \text{ кг/м}^3$ – кінцева густина сусла;

$\rho_v = 942 \text{ кг/м}^3$ – густина води при $t=121,5^\circ\text{C}$ [2, с. 520];

$H_{\text{тр}} = 2,15 \text{ м}$ – висота труб в кип'ятильнику.

Швидкість циркуляції сусла в трубках $\omega_{\text{ц}}=0,3 \text{ м/с}$.

Втрата тиску в трубному просторі [2]:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м.о}} = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) * \frac{\omega_{\text{ц}}^2 \cdot \rho_6}{2} \quad (2.28)$$

де λ - коеф. опору тертя в трубному просторі, який визначається відносно значення критерію Рейнольдса.

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\text{ц}} \cdot d_{\text{вн.}} \cdot \rho_6}{\mu_6} = \frac{0,3 \cdot 0,055 \cdot 1015}{0,71 \cdot 10^{-3}} = 23588$$

де $\rho_6 = 1015 \text{ кг/м}^3$ – густина сусла при $t=107^\circ\text{C}$;

$d_{\text{вн.}}=0,055 \text{ м}$ -внутрішній діаметр трубок кип'ятильника;

μ_6 - коеф. динамічної в'язкості сусла ; $0,71 \times 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$. [2, с. 528]

При цьому $\lambda = 0,024$.

$$l = H * n = 2,15 * 94 = 202,1 \text{ м}$$

де $H=2,15 \text{ м}$ – висота кип'ятильних труб;

$n=94$ шт – кількість кип'ятильних труб в одному кип'ятильнику;

$d=d_{\text{вн.}}=0,055 \text{ м}$;

$\sum \xi = (1 + 1,5) * 94 = 235$ – сума коеф. місцевих опорів (1,5 -коеф. місцевого опору при вході в камеру (виході з камери); 1 - коеф. місцевого опору при вході в труби (вході в трубу) [2, с. 114];

тоді

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta p_1 = \left(0,024 * \frac{202.1}{0.055} + 235 \right) * \frac{0,3^2 \cdot 1015}{2} = 14762 \text{ Па}$$

Втрата тиску в міжтрубному просторі по формулі (2.28), яка прийме вигляд:

$$\Delta p_2 = \Delta p_{\text{м.о}} = \Delta p_{\text{вх}} + \Delta p_{\text{вих}} = \sum \xi_{\text{вх}} \cdot \frac{\omega_{\text{вх}}^2 \cdot \rho_{\text{п}}}{2} + \sum \xi_{\text{вих}} \cdot \frac{\omega_{\text{вих}}^2 \cdot \rho_{\text{к}}}{2}, \quad (2.29)$$

де $\sum \xi_{\text{вх}} = 1,5 + 1 = 2,5$ – сума коеф. місцевих опорів при вході пари в міжтрубний простір та повороті в міжтрубному просторі на 90° [1, с. 51];

$\sum \xi_{\text{вих}} = 1,5 + 1 = 2,5$ – сума коеф. місцевих опорів при виході конденсату з міжтрубного простору та повороті в міжтрубному просторі на 90° ;

$\omega_{\text{вх}}$; $\rho_{\text{п}}$ – швидкість та густина пари, який поступає в міжтрубний простір ($\omega_{\text{вх}} = 20$ м/с, $\rho_{\text{п}} = 1,6$ кг/м³);

$\omega_{\text{вих}}$; $\rho_{\text{к}}$ – швидкість та густина конденсату який виходить з міжтрубного простору ($\omega_{\text{вих}} = 0,2$ м/с, $\rho_{\text{к}} = 937$ кг/м³);

тоді $p = 2,5 * \quad + 2,5 * \quad = 750$ Па.

$$\Delta p_2 = 2,5 \cdot \frac{20^2 \cdot 1,6}{2} + 2,5 \cdot \frac{0,2^2 \cdot 937}{2} = 750 \text{ Па}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Визначаємо продуктивність дробарки (в тон/год)

$$Пд = \frac{М_{\text{зас}}}{t_1} k_1 = \frac{8 \cdot 60}{35} 1.3 = 17.8 \quad (2.30)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $M_{зас} = 8$ тон/засип – кількість зернопродуктів які подрібнюються за один засип;

$t_1 = 35$ хв. – тривалість подрібнення зернопродуктів на одну варку (по даним пивзаводу ПАТ «Оболонь»);

$k_1 = 1,3$ - коефіцієнт запасу продуктивності.

Приймаємо до встановлення дробарку фірми Hurrmann «Мілстар тип Ленц» продуктивністю 20 тон за годину.

Технічна характеристика дробарки Hurrmann «Мілстар тип Ленц» (по даним пивзаводу ПАТ «Оболонь» , варильний агрегат №3)

Продуктивність, т/год	20
Частота обертання валків, об/хв.	8,3
Електродвигун, типу	АИР180М4
потужність, кВт	30
частота обертання, об/хв.	1470
Розміри валків, мм	
діаметр	416
довжина	1300
Частота обертання живильника, об/хв.	90
Мотор-редуктор, типу	ЗМП-35,5-90-110-Ц-У3
потужність, кВт	2,2
частота обертання вихідного вала, об/хв.	90
момент на вихідному валу, Н*м	174
Розміри живильника, мм	
діаметр	160
довжина	1300
Габаритні розміри, мм	
висота	3540
ширина	1100
довжина	2230

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо до встановлення для подрібнення не солодженої сировини з частиною солоду спеціальне обладнання фірми «Ziemann» - диспергатор , марки ОК 2000/50 ГО 01-4011Н (по даним пивзаводу ПАТ «Оболонь» , варильний агрегат №3).

До складу варильного агрегату фірми Ziemann входить два заторні апарати для приготування заторів та заторно-відварочний для приготування відварок.

Технічна характеристика заторного апарата фірми Ziemann (по даним пивзаводу ПАТ «Оболонь», варильний агрегат №3)

Об'єм, м ³	60.1
Площа поверхні нагріву, м ²	32
Внутрішній діаметр, мм	4600
Висота, мм	
циліндричної частини	3250
кришки	1250
сферичного дна	820
Частота обертання мішалки, об/хв.	31,5
Потужність електродвигуна, кВт	15
Робочий тиск пари, мПа	5
Діаметр паропровода, мм	4,5

До складу варильного агрегату фірми Ziemann для відділення розчинної частини від нерозчинної або пивного сусла від солодової дробини, а також для фільтрації затору входить фільтраційний апарат фірми Ziemann.

Технічна характеристика фільтраційного апарату фірми Ziemann (по даним пивзаводу ПАТ «Оболонь», варильний агрегат №3)

Об'єм, м ³	
повний	56,7
корисний	48,2
Внутрішній діаметр, мм	8200
Діаметр зі слоєм теплоізоляції, мм	8400

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота, мм	
циліндричної частини	2800
кришки	1000
Частота обертання мішалки, об/хв.	1,149
Потужність електродвигуна, кВт	2,2
Площа поверхні фільтрації, м ²	53

До складу варильного агрегату фірми Ziemann для проведення кип'ятіння сусла з хмелем входить сусловарильний апарат фірми Ziemann. Кип'ятіння сусла з хмелем проводять для стабілізації сусла, ароматизації його з хмелем, інактивзації його хмелем, інактивзації ферментів, упарювання частини води.

Технічна характеристика сусловарильного апарату	фірми Ziemann
Одноразова засип, т	8
Об'єм, м ³	
загальний	72.5
корисний	58
Загальна площа обігріву, м ²	25
Діаметр, мм	5000
Теплоносій:	насичена пара
Тиск насиченої пари, МПа	0,5
Температура пари, °С	150

Заторний насос підбирають в залежності від необхідної подачі (продуктивності), тиску, характеру рідини, яка перекачується (густини), температури, наявності зважених частинок, агресивності по відношенню до матеріалу насосів. Для перекачування затору використовують насоси типу ФГ-відцентрові, одноступінчаті. Згідно встановленого режиму затирання, заторна маса із заторного апарата повинна перекачуватися на протязі 20 хвилин.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На сто кілограм зернопродуктів в заторній масі припадає 420 кг води. Визначемо об'єм заторної маси (в м³) із 8 т зерно продуктів, якщо її густина становить 1081 кг/м³

$$V = \frac{\frac{V_B}{100} \cdot m_c + m_c}{\rho_{зат}} = \frac{\frac{420}{100} \cdot 8000 + 8000}{1081} = 38.5 \quad (2.31)$$

де $V_B=420$ кг – кількість води яка потрібна на затирання ста кілограм зернопродуктів;

$m_c=8000$ кг- маса зерно продуктів потрібних на одну варку;

$\rho_{зат}=1081$ кг/м³-густина заторної маси.

Звідси потрібна подача заторного насоса (в м³/год)

$$V_з = V \frac{t_r}{t_n} = 38.5 \frac{60}{20} = 115.5 \quad (2.32)$$

де $t_r=60$ хв- кількість хвилин в годині;

$t_n=20$ хв- час перекачування.

Технічна характеристика заторного насоса марки ФГ-144/10,5

Продуктивність, м ³ /год	75,6-200
Потужність електродвигуна, кВт	10
Кількість обертів за хвилину, об/хв.	960
Маса, кг	475

Приймаємо до встановлення два заторних насоси марки ФГ-144/10,5 (один для відбору та задачі відварок) [1,с396].

Розраховуємо насос подачі сусла та промивних вод. Для наближеного розрахунку приймаємо, що об'єм першого сусла та промивних вод дорівнює об'єму охмеленого сусла. Тривалість зняття першого сусла 40 хв., а тривалість промивки дробини 25 хв.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільший об'єм охмеленого сусла який отримується при варці складе 61,63 дал або 616,3 дм³ на 100 кг зернопродуктів, що переробляються.

Відповідно з однієї варки отримується сусла (в дм³)

$$V_o = m_c \frac{V_{o.c.}}{100} = 8000 \frac{616,3}{100} = 49304 \quad (2.33)$$

де $V_{o.c.}=616,3$ дм³- вихід охмеленого сусла з ста кілограмів зернопродуктів.

Визначаємо продуктивність насосу для подачі сусла та промивних вод в збірник сусла (в м³/год)

$$V_{c.п.} = \frac{V_o \cdot t_B}{60} = \frac{49304 \cdot 65}{60} = 53412.7 = 53.4 \quad (2.34)$$

де $t_B=65$ хв- час відводу сусла та промивних вод з фільтраційного апарату.

Технічна характеристика насосу марки 4 К-6У

Подача, м ³	90
Напір, мПа	0,87
Частота обертання робочого колеса, об/хв.	2900
Потужність електродвигуна, кВт	55
Маса насосу, кг	545

Приймаємо до встановлення один насос подачі сусла та промивних вод марки 4 К-6У [1,с396].

Згідно прийнятого режиму варки сусла з хмелем, перекачування охмеленого сусла із сусловарильного апарату продовжується 30 хв. за допомогою суслового насосу.

Визначаємо подачу сусла насосом (в м³/год)

$$V_c = V_o \frac{60}{t_B} = 49304 \cdot \frac{60}{25} = 118329 = 118.3 \quad (2.35)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $t_b=25$ хв- час перекачування сусла із сусло варильного апарата.

Технічна характеристика суслового насосу марки 6 К-8У

Подача, м ³ /год	162
Напір, мПа	0,33
Частота обертання робочого колеса, об/хв.	1450
Потужність електродвигуна, кВт	30
Маса насосу, кг	490

Приймаємо до встановлення один насос марки 6 К-8У [1,с396].

Насос мутного сусла підбирається за умови, що кількість мутного сусла, що повертається на фільтрацію складає 10% від об'єму заторної маси і повернення триває 10 хв.

Розрахунок подачі насоса (в м³/год)

$$V_M = V * k_{\Pi} \frac{60}{t_{\Pi}} = 48 \cdot 0,1 \frac{60}{10} = 28,8 \quad (2.36)$$

де $k_{\Pi}=10\%$ - відсоток сусла що повертається на фільтрацію від об'єму заторної маси;

$t_{\Pi}=10$ хв- час повернення мутного сусла.

Технічна характеристика насосу мутного сусла марки К 45/30

Подача, м ³ /год	45
Напір, мПа	0,31
Частота обертання робочого колеса, об/хв.	2900
Потужність електродвигуна, кВт	4
Маса насосу, кг	92

Приймаємо до встановлення один насос мутного сусла марки К 45/30 [1,с396].

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для збору відфільтрованого сусла використовують збірник сусла, який повинен вмщати кількість сусла однієї варки, тобто 49304 з урахуванням коефіцієнту заповнення 0,9 геометричний об'єм становить (в м³)

$$V = \frac{V_k}{\phi} = \frac{49304}{0,9} = 54782 = 55 \quad (2.37)$$

де V_k – корисний об'єм, м³;

ϕ – коефіцієнт заповнення.

Висоту збірника сусла розраховуємо за формулою (в м³) прийнявши діаметр 3,6 метра

$$L = V * \frac{4}{\pi D^2} = 55 * \frac{4}{3,14 * 3,6^2} = 5.41 \quad (2.38)$$

де L – висота збірника, (в м);

$V=55$ – об'єм сусла (в м³).

Приймаємо до встановлення збірник для сусла діаметром 3,6 м, висотою 6 м.

Для збору промивних вод які отримують при промиванні дробини використовують збірник промивних вод, який повинен вмщати кількість промивних вод з розрахунку, що з 1 тони зерно продуктів виходить 2,4 м³ промивних вод, тобто $8 * 2,4 = 19.2$ м³ з урахуванням коефіцієнту заповнення 0,9 геометричний об'єм становить

$$V = \frac{V_k}{\phi} = \frac{19.2}{0,9} = 21.3 \text{ м}^3 \quad (2.39)$$

де V_k – корисний об'єм, м³;

ϕ – коефіцієнт заповнення.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висоту збірника промивних вод розраховуємо за формулою прийнявши діаметр 4,2 метра.

$$L = V \cdot \frac{4}{\pi D^2} = 21.3 \cdot \frac{4}{3,14 \cdot 4,2^2} = 1,6 \text{ м} \quad (2.40)$$

де L – висота збірника, (в м).

Приймаємо до встановлення збірник для промивних вод діаметром 4,2 м., в зв'язку з тим, що даний збірник використовується трьома варильними агрегатами приймаємо його висоту 5 м.

До складу варильного агрегату фірми Ziemann для освітлення сусла входить гідроциклінний апарат фірми Ziemann.

Технічна характеристика

Об'єм, м ³	
повний	90
робочий	72
Швидкість подачі сусла в апарат, м/с	20,4
Діаметр патрубку подачі сусла в апарат, мм	80
Розміри апарата, мм	
висота	5000
діаметр	5000
Маса заповненого апарату, кг	84636
Маса порожнього апарату, кг	9984
Витрата води, м ³ /с	0,007
Внутрішній тиск, МПа	0,036

До складу варильного агрегату фірми Ziemann для підігріву сусла перед кип'ятінням входить пластинчастий теплообмінник фірми Ziemann.

До складу варильного агрегату фірми Ziemann для охолодження сусла перед подачею його в цех ферментації входить холодильник сусла фірми Ziemann.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика

Продуктивність, м ³ /год	36
Число пластин для пивного сусла, шт.	100
Число пакетів для пивного сусла, шт.	2
Число пакетів для крижаної води, шт.	1
Пластини мають наступні характеристики:	
Площа поверхні теплопередачі F, м ²	0,43
Ширина потоку b, м	0,27
Відстань між пластинами h, м	0,0028
Приведена довжина потоку в пластині L, м	1,5

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк. 44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

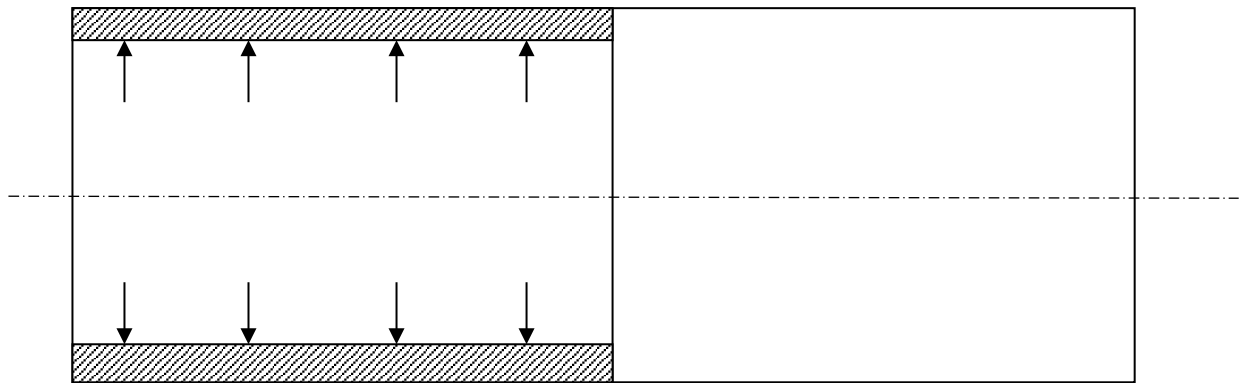


Рис. 3.1. Розрахункова схема

Для цього визначаємо розрахунковий тиск по формулі [4, с. 150]

$$P = 0.001 \cdot \rho_m \cdot H_{ж} + P_{надл}, \quad (3.1)$$

де $H_{ж}$ – висота шару суслу в апараті, за формулою (в м).

$$H_{ж} = \eta_3 \cdot H_1 + h_2 = 0.8 \cdot 3.05 + 0.85 = 3.29 \quad (3.2)$$

де $\eta_3=0.8$ – коефіцієнт заповнення апарату;

$H_1=3.05$ м – висота циліндричної частини апарату;

$h_2=0.85$ м – висота нижньої конічної частини апарату.

Визначаємо розрахунковий тиск в апараті, підставивши раніше визначені величини у формулу (в МПа)

$$P = 0.001 \cdot 1034 \cdot 3.29 + 0.11 = 0.4 \text{ МПа}$$

де $\rho_m=1034$ кг/м³ – густина суслу в апараті;

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_{\text{надл}}=0.11$ МПа – надлишковий тиск, що утворюється в апараті при кип'ятінні сушла 107°C , [2, с. 176].

Визначаємо товщину стінки циліндричної частини апарату (в м), [5, с. 67]

Необхідну розрахункову товщину циліндричної стінки визначаємо за формулою:

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \{P_p \cdot D_{\text{вн}}/24[\sigma] - P_p \\ p_b \cdot D_{\text{вн}}/24[\sigma] - p_b \end{array} \right. \quad (3.3)$$

де $P_p = 0,4$ – робочий тиск;

$$p_b = 1,5P_p = 1,5 \cdot 0,4 = 0,6 \text{ МПа}$$

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,4 \cdot 5,0}{2 \cdot 1 \cdot 140 - 0,4} \\ \frac{0,6 \cdot 5,0}{2 \cdot 1 \cdot 140 - 0,6} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,00715 \\ 0,0107 \end{array} \right\} = 0,0107 \text{ м}$$

Допустима товщина стінки циліндричного корпусу

$$S_b = \max(S_p; S_p^B)$$

Тоді:

$$S_b = \max(S_p; S_p^B) + c$$

де: $c = c_1 + c_2 + c_3$, мм

$c_1 = 1$ мм – добавка на корозію;

$c_2 = 0,8$ мм – добавка на мінусовий допуск при виготовленні;

$c_3 = 0,2 \cdot S_p = 0,2 \cdot 0,0034 = 0,00068$ мм - технологічна добавка;

Таким чином

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_B = 0,0107 + 0,001 + 0,0008 + 0,00068 = 0,01878 \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки корпусу 12 мм.

Тоді допустимий внутрішній тиск визначаємо за формулою:

$$[P_D] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - c_1)}{D + (S - c_1)} \quad (3.4)$$

де $c_1 = 0,001 \text{ м}$ – добавки на корозію.

$$[P_D] = \frac{2 \cdot 140 \cdot 1 \cdot (12 - 1)}{5000 + (12 - 1)} = 0,615 \text{ МПа}$$

$$[P_D] = 0,615 \text{ МПа} > P_B$$

Перевіряємо умови використання формул

$$0,002 \leq \frac{S - c_1}{D} \leq 0,1$$

$$0,002 \leq \frac{12 - 1}{5000} = 0,0022 \leq 0,1$$

Умови використання формул виконується.

Розрахункову товщину еліптичної кришки визначаємо за формулою:

$$S_p = \max \left\{ \frac{P_p R}{2[\sigma] \varphi - 0,5 P_p}, \frac{P_B R}{2[\sigma] \varphi - 0,5 P_B} \right\} = \max \left\{ \frac{0,4 \cdot 5,0}{2 \cdot 140 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,02}, \frac{0}{2 \cdot 140 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,03} \right\} = \max \{0,0003, 0,0119\} = 0,0119 \text{ м} \quad (3.5)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_B = S_p + c_1 + c_2 + c_3, \text{ м}$$

$$\text{де } c_3 = 0,2 \cdot 0,0004 = 0,00008 \text{ мм}$$

$$S_B = 0,0119 + 0,001 + 0,0008 + 0,00068 = 0,0137 \text{ м}$$

Приймаємо товщини стінок днища 14 мм.

При цьому допустимий внутрішній тиск визначаємо за формулою:

$$P_{\text{доп}} \leq \frac{2[\sigma](S-c_1) \cdot \varphi}{R+0,5(S-c_1)}; \quad (3.6)$$

де $R=D=5,0$ – для еліптичних днищ.

$$P_{\text{доп}} = \frac{2 \cdot 140 \cdot (0,014 - 0,001) \cdot \varphi}{5,0 + 0,5(0,014 - 0,001)} = 0,615 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується, так як:

$$P_{\text{доп}} \geq P_B$$

$$0,615 \geq 0,6$$

Розраховуємо товщину стінки циліндричної частини кип'ятельника (в м)

$$\delta_{\text{ц.т.}} = \frac{P \cdot D_B}{2,3 \cdot [\sigma_7] \cdot \varphi - P} + C, \quad (3.7)$$

де $P=0.5$ Мпа – тиск пари у кип'ятельнику, [2, с. 177];

$D_B=1.0$ м – діаметр кип'ятельника;

$\varphi = 0.9$ – коефіцієнт, що враховує послаблення міцності стінки в

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежності від виду зварного шва, [1, с. 85];

$[\sigma_7]$ – допустиме напруження на розтяг, Па.

Розраховуємо допустиме напруження на розтяг, (в Па), [1, с. 83]

$$[\sigma_7] = [\sigma_7^H] \cdot \eta \cdot \psi, \quad (3.8)$$

де $[\sigma_7^H]$ – номінальне допустиме напруження на розтяг, Па, [5, с. 83];

$\eta = 0.85$ – коефіцієнт, що враховує конструктивні і експлуатаційні особливості теплообмінника, [5, с. 84];

$\Psi=1$ – коефіцієнт, враховуючий спосіб виготовлення стінок, [5, с. 83].

Визначаємо номінальне допустиме напруження на розтяг, (в Па)

$$[\sigma_7^H] = \frac{\sigma_B}{n_B}, \quad (3.9)$$

де $n_B=4.5$ – коефіцієнт запасу міцності, [5, с. 84];

$\sigma_B = 11.7 \text{ кг/мм}^2$ – допустиме напруження матеріалу стінки на розтяг, [5, с. 67].

$$[\sigma_7^H] = \frac{11.7 \cdot 100 \cdot 10^5}{4.5} = 26 \cdot 10^6$$

Визначаємо допустиме напруження на розтяг по формулі (в Па)

$$[\sigma_7] = [26 \cdot 10^6] \cdot 0.85 \cdot 1 = 22.1 \cdot 10^6$$

Знаходимо товщину стінки циліндричної частини кип'ятильника, підставляючи визначені дані у формулу (в м)

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{ц.т.} = \frac{0.5 \cdot 1.0}{2.3 \cdot 22.1 \cdot 10^6 \cdot 0.9 - 0.5} + 0.003 = 3.0 \cdot 10^{-3}$$

Приймаємо товщину стінки $\delta_{ц.т.} = 5 \cdot 10^{-3}$ м.

Розраховуємо товщину трубної ґратки теплообмінника, (в мм), [5, с. 87]

$$\delta = 0.125 \cdot d_3 + 10 = 0.125 \cdot 0.055 + 10 = 10.1 \quad (3.10)$$

Приймаємо товщину трубної ґратки теплообмінника $\delta = 15 \cdot 10^{-3}$ м.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання[7]

Внутрішній діаметр апарату $D=600$ мм;

Товщина обичайки $\delta=10$ мм;

Внутрішній тиск $P_p = 1,25$ Мпа;

Температура $T= 35^\circ\text{C}$;

Матеріал фланця - сталь 09Г2С;

Фланці неізолювані, приварні встик, мають поверхню ущільнювача типу «виступ-западина».

Коефіцієнт міцності зварних швів $\phi=1$.

Конструктивні розміри фланця. Товщину втулки прийнято

Матеріал болтів - сталь 35.

Товщина втулки $S_0 = 12$ мм, що задовольняє умову: $S < S_0 < 1.3 \times S$ мм. $S - S_0 < 5$ мм

,

$$10 < 12 < 1.3 \times 10 \text{ мм}, \quad 12 - 10 < 5 \text{ мм},$$

Товщина втулки S_1 рівна:

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_1 = \beta_1 \times S_0 \text{ мм}, \quad (3.11)$$

де $\beta_1 = 2.2$ при $D/S_0 = 600/12 = 50$

$$S_1 = 2,2 \times 12 = 26,4 \text{ (мм)}.$$

Высота втулки:

$$h_B \geq \dots \times (S_1 - S_0) \text{ (мм)}, \quad (3.12)$$

$$h_B \geq \dots \times (26,4 - 12) = 43,2 \text{ (мм)},$$

Приймаємо $h_B = 45 \text{ мм}$

Эквивалентна товщина втулки фланця:

$$S_{\text{эк}} = S_0 \left[1 + \frac{h_B (\beta_1 - 1)}{h_B + 0.25 \times (\beta_1 + 1) \times D \times S_0} \right] \text{ мм}, \quad (3.13)$$

$$S_{\text{эк}} = 14 \times \left[1 + \frac{45 (2,2 - 1)}{45 + 0.25 \times (2,2 + 1) \times 600 \times 12} \right] = 21.42 \text{ мм}.$$

Діаметр болтового кола

$$D_6 \geq D + 2 \times (S_1 + d_6 + и) \text{ мм}, \quad (3.14)$$

где $и = 6 \text{ мм}$; $d_6 = 20 \text{ мм}$ при $P_p = 1.25 \text{ МПа}$ и $D = 600 \text{ мм}$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$D_6 \geq 600 + 2 \times (26,4 + 20 + 6) = 704,8$ мм, приймаємо $D_6 = 720$ мм..

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_H \geq D_6 + a \text{ мм}, \quad (3.15)$$

де $a = 40$ мм; для шестигранних гайок M20

$$D_H \geq 720 + 40 = 760 \text{ мм..}$$

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{H.П} = D_6 - e \text{ мм}, \quad (3.16)$$

$e = 30$ мм, для плоских прокладок при $d_6 = 20$ мм

$$D_{H.П} = 720 - 20 = 700$$

Середній діаметр прокладки

$$D_{с.п} = D_{H.П} - b \text{ мм} \quad (3.17)$$

де $b = 20$ мм, - ширина плоскої неметалічної прокладки для діаметра апарата $D = 1000$ мм,

$$D_{с.п} = 700 - 20 = 680 \text{ мм.}$$

Кількість болтів:

$$\pi \times D_6$$

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_6 \geq \frac{3.14 \times 720}{t_{\text{ш}}} \text{ шт.} \quad (3.18)$$

де $t_{\text{ш}} = 2.7d_6 = 2.7 \times 20 = 54$ мм - крок розміщення болтів при $P_p = 1.25$ МПа.

$$n_6 \geq \frac{3.14 \times 720}{54} = 41.9 \text{ шт, приймаємо } n_6 = 44, \text{ кратне чотирьом.}$$

Висота (товщина) фланця:

$$h_{\text{ф}} \geq \lambda_{\text{ф}} \times D \times S_{\text{эк}} \text{ мм,} \quad (3.19)$$

где $\lambda_{\text{ф}} = 0.36$ —для $P_p = 1.25$ МПа и приварних встик фланців.

$$h_{\text{ф}} \geq 0.36 \times 600 \times 21.42 = 40.8 \text{ мм, приймаємо } h_{\text{ф}} = 42 \text{ мм.}$$

Відстань між опорними поверхнями гайок для фланцевого з'єднання з ущільненою поверхнею типу «шпилька-паз»
(орієнтовно)

$$l_{\text{б.о}} \sim 2(h_{\text{ф}} + h_{\text{п}}) \text{ мм,} \quad (3.20)$$

де $h_{\text{п}} = 2$ мм - висота (товщина) стандартної прокладки.

$$l_{\text{б.о}} \sim 2(42 + 2) = 88 \text{ мм}$$

Навантаження, що діють на фланець. Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$F_{\text{д}} = P_p \times \pi \times D_{\text{с.п}}^2 / 4 \text{ МН,} \quad (3.21)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_d = 1.25 \times 3.14 \times 0.680^2 / 4 = 0.45 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки:

$$R_{\Pi} = \pi \times D_{c,\Pi} \times b_0 \times k_{\text{пр}} P_p \text{ МН,} \quad (3.22)$$

де $k_{\text{пр}} = 2.5$ - для пароніму

$$b_0 = 0.12 \times 6 = 0.12 \times 20 \times 10^{-3} = 16.9 \times 10^{-3} \text{ м - ефективна ширина прокладки,}$$

$$R_{\Pi} = 3.14 \times 0.680 \times 16.9 \times 10^{-3} \times 2.5 \times 1.25 = 0.113 \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій приймаємо рівним нулю, поскільки перепад температур в середині апарата і зовні незначний. Визначимо

u_b, u_{Π}, u_{ϕ} - податливості, відповідно болтів прокладки, фланців:

$$u_b = \frac{l_b}{E_b \times f_b \times n_b} \text{ м/МН,} \quad (3.23)$$

где $l_b = l_{b,0} + 0.28 \times d_b = 88 + 0.28 \times 20 = 93.6 \text{ мм}$ – розрахункова довжина болта,

$$u_b = \frac{93.6 \times 10^{-3}}{19 \times 10^5 \times 10.9 \times 10^{-4} \times 44} = 8.49 \times 10^{-6} \text{ м/МН}$$

$$u_{\Pi} = \frac{h_{\Pi}}{E_{\Pi} \times \pi \times D_{c,\Pi} \times b} \text{ м/МН} \quad (3.24)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

где $E_{\pi} = 2000$ МПа — для прокладки із пароніму

$$y_{\pi} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2000 \times 3.14 \times 0.68 \times 0.02} = 14.7 \times 10^{-6} \text{ м/МН};$$

$$y_{\phi} = [1 - \nu (1 + 0.9 \times \lambda_{\phi})] \times \psi_2 / (h_{\phi}^3 \times E) \text{ м/МН} \quad (3.25)$$

$$\text{де: } \lambda_{\phi}' = \frac{h_{\phi}}{D \times S_{\text{эк}}} = \frac{0.042}{0.6 \times 21.42 \times 10^{-3}} = 0.376, \quad (3.26)$$

$$\psi_2 = \frac{(D_H + D)}{(D_H - D)} = \frac{(670 + 600)}{(670 - 600)} = 18.14, \quad (3.27)$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0.9 \times \lambda_{\phi} (1 + (\Psi_1 \times h_{\phi}^2 / S_{\text{эк}}^2))} \quad (3.28)$$

$$\text{где } \Psi_1 = 1.28 \times \lg \frac{D_H}{D} = 1.28 \times \lg \frac{0.67}{0.6} = 0.087 \quad (3.29)$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0.9 \times 0.376 (1 + ((0.087 \times 0.042^2) / 0.02142^2))} = 0.745.$$

$E = 2 \times 10^5$ МПа - для фланця із сталі 09Г2С,

$$y_{\phi} = [1 - 0.745(1 + 0.9 \times 0.376)] \times 12.76 / (0.042^3 \times 2 \times 10^5) = 1.109 \times 10^{-3} \text{ м/МН},$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$k_{\text{ж}} = \frac{y_{\delta} + 0.5 \times y_{\phi} \times (D_{\delta} - D - S_{\text{эк}}) \times (D_{\delta} - D_{\text{с.п}})}{y_{\text{п}} + y_{\delta} + 0.5 \times y_{\phi} \times (D_{\delta} - D_{\text{с.п}})^2} \quad (3.30)$$

$$k_{\text{ж}} = \frac{8.49 \times 10^{-6} + 0.5 \times 1.109 \times 10^{-3} (0.72 - 0.6 - 0.02142) \times (0.72 - 0.68)}{14.7 \times 10^{-6} + 8.49 \times 10^{-6} + 0.5 \times 1.109 \times 10^{-3} \times (0.72 - 0.68)^2} = 0.468$$

Болтова навантаження в умовах монтажу до подачі внутрішнього тиску:

$$F_{\text{бл}} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{ж}} \times F_{\text{д}} + R_{\text{п}} \\ 0.5 \times D_{\text{с.п}} \times b_0 \times p_{\text{пр}} \end{array} \right\} \text{ МН}, \quad (3.31)$$

де $p_{\text{пр}} = 20$ МПа для паронітової прокладки

$$0.468 \times 0.45 \times 0.113 = 0.32$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{61} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.5 \times 0.68 \times 16.9 \times 10^3 \times 20 = 0.11 \\ \end{array} \right\} = 0.32 \text{ МН.}$$

Болтове навантаження в робочих умовах:

$$F_{62} = F_{61} + (1 - k_{жк}) \times F_d + F_t \text{ МН,} \quad (3.31)$$

$$F_{62} = 0.32 + (1 - 0.468) \times 0.45 + 0 = 0.56 \text{ МН.}$$

Приведений вигинаючий момент

$$0.5 \times (D_6 - D_{сп}) \times F_{61}$$

$$M_0 = \max \left\{ \right.$$

$$0.5 \times [(D_6 - D_{сп}) \times F_{62} + (D_{сп} - D - S_{жк}) \times F_d] \times [\sigma]_{20} / [\sigma]$$

де $[\sigma]_{20} = 170 \text{ МПа}$, $[\sigma] = 146 \text{ МПа}$ – відповідно для матеріала фланця при 20°C і при 35°C

$$0.5 \times (0.72 - 0.68) \times 0.32 = 0.0064$$

$$M_0 = \max \left\{ \right.$$

$$170$$

$$0.5 \times [(0.72 - 0.68) \times 0.56 + (0.68 - 0.6 - 0.02142) \times 0.45] \times \frac{170}{146} = 0.100$$

$$146$$

$$= 0.100 \text{ МН} \times \text{м.}$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання. Умови міцності болтів

$$\frac{F_{61}}{n_6 \times f_6} < [\sigma]_{620} \text{ МПа,} \quad (3.32)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{F_6}{n_6 \times f_6} < [\sigma]_6 \text{ МПа} \quad (3.33)$$

де $[\sigma]_{620} = 130 \text{ МПа}$, $[\sigma]_6 = 113,5 \text{ МПа}$ - відповідно для матеріалу при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ і при $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\frac{0.32}{44 \times 10.9 \times 10^{-4}} = 6.67 < 130 \text{ МПа},$$

$$\frac{0.56}{44 \times 10.9 \times 10^{-4}} = 11.7 \text{ МПа},$$

Умову виконано.

Умова міцності неметалічної прокладки із пароніту

$$\frac{F_{6\max}}{\pi \times D_{c.п} \times b} < [p_{пр}] \quad (3.34)$$

де $[p_{пр}] = 130 \text{ МПа}$ - для прокладки із пароніту

$$F_{6\max} = \max\{F_{61}; F_{62}\} = \max\{0.32; 0.56\} = 0.56 \text{ МН}, \quad (3.35)$$

$$\frac{0.56}{3.14 \times 0.68 \times 0.02} = 13.1 < 130 \text{ МПа},$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умову виконано.

Максимальна напруга в перетині фланця, обмеженого розміром S_1 :

$$\sigma_1 = \frac{T_\phi \times M_0 v}{D \times (S_1 - C)^2} \text{ МПа,} \quad (3.36)$$

$$\text{где } T_\phi = \frac{D_H^2 [1 + 8.55 \lg(D_H/D)] - D^2}{(1.05 \times D^2 + 1.945 \times D_H^2) \times (D_H/D - 1)} \text{ МПа,} \quad (3.37)$$

$$T_\phi = \frac{0.76^2 [1 + 8.55 \lg(0.76/0.6)] - 0.6^2}{(1.05 \times 0.6^2 + 1.945 \times 0.76^2) \times (0.76/0.6 - 1)} = 1.849 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_1 = \frac{1.849 \times 0.100 \times 0.745}{0.6 \times (0.0264 - 0.0038)^2} = 117.8 \text{ МПа}$$

Максимальна напруга в перетині, обмеженому розміром S_0

$$\sigma_0 = F_\phi \times \sigma_1 \text{ МПа,} \quad (3.38)$$

де $F_\phi = 1.25$

$$\sigma_0 = 1.25 \times 117.8 = 147.2 \text{ МПа.}$$

Окружна напруга в кільці:

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$\sigma_k = \frac{M_0 \times [1 - \nu \times (1 + 0.9 \times \lambda_\phi)] \times \psi_2}{D \times h_\phi^2} \text{ МПа}$$

$$\sigma_k = \frac{0.1 \times [1 - 0.745 \times (1 + 0.9 \times 0.376)] \times 12.76}{0.6 \times 0.042^2} \quad (3.39)$$

=1.22 МПа.

Напряга в втулці від внутрішнього тиску:

тангенціальне

$$\sigma_t = \frac{P_p \times D}{2 \times (S_0 - C)} \text{ МПа,} \quad (3.40)$$

$$\sigma_t = \frac{1.25 \times 1}{2 \times (0.012 - 0.0038)} = 78.43 \text{ МПа.}$$

Меридіальне

$$\sigma_m = \frac{P_p \times D}{4 \times (S_0 - C)} \text{ МПа,}$$

$$\sigma_m = \frac{1.25 \times 1}{4 \times (0.012 - 0.0038)} = 39.22 \text{ МПа.} \quad (3.41)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова міцності для перетину фланця, обмеженого розміром $S_1=26.4$ мм:

$$\sigma_1^2 + \sigma_k^2 + \sigma_1 \times \sigma_k < [\sigma]_1 \text{ МПа} \quad (3.42)$$

де $[\sigma]_1 = \sigma_t = 220$ МПа — допустима напруга, рівна межі текучості сталі 09Г2С при температурі 35°C

$$117.8^2 + 1.22^2 - 117.8 \times 1.22 = 117.2 < [\sigma]_1 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Умова міцності для перетину, обмеженого розміром $S_0 = 14$ мм:

$$(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_0 + \sigma_m) \times \sigma_t < \varphi \times [\sigma]_0 \text{ МПа} \quad (3.43)$$

де $[\sigma]_0 = 0.002E = 0.002 \times 2 \times 10^5 = 400$ МПа — для фланця із сталі 09Г2С в перетині S_0 ,

$$(147.2 + 39.22)^2 + 78.43^2 - (147.2 + 39.22) \times 78.43 = 162.1 < 1 \times 400 \text{ МПа,}$$

Умова виконується.

Умова герметичності.

$$Q = \frac{\sigma_k}{E} \times \frac{D}{h_\phi} < [Q] \text{ рад} \quad (3.44)$$

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $[Q]=0.009$ рад – допустимий кут повороту приварного в стик фланця при $D < 2000$ мм,

$$Q = \frac{1.22}{2 \times 10^2} \times \frac{1}{0.055} = 0.000111 < 0.009 \text{ рад}$$

Умова виконана.

3.3 Розрахунок опор [5]

Визначаємо об'єм циліндричної частини апарата по формулі (в м³)

$$V_{\text{ц}} = \pi D H \delta_{\text{ц}} = 3,14 \cdot 5 \cdot 3,05 \cdot 0,004 = 0,19 \quad (3.45)$$

де $D = 5$ м - діаметр апарата;

$H = 3,05$ м - висота циліндричної частини апарата;

$\delta_{\text{ц}} = 0,004$ м - товщина циліндричної частини апарата.

Розраховуємо масу циліндричної частини апарата (в кг)

$$G_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{ст.}} = 0,19 \cdot 7900 = 1501 \quad (3.46)$$

де $\rho_{\text{ст.}} = 7900$ кг/м³ - густина нержавіючої сталі;

$V_{\text{ц}} = 0,19$ м³ - об'єм циліндричної частини апарата.

Визначаємо зовнішній об'єм кришки сушварильного апарата (в м³)

$$V_{\text{кз}} = \frac{1}{3} \pi r^2 h = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2,505^2 \cdot 0,85 = 5,583 \quad (3.47)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $h_1 = 0.85$ м висота конуса;

$r = 2,505$ м - радіус апарата визначаємо по формулі з врахуванням товщини стінки (в м)

$$r = \frac{D}{2} + \delta_{\text{дн}} = \frac{5}{2} + 0,005 = 2,505 \quad (3.48)$$

де $\delta_{\text{дн}} = 5$ мм – товщина стінки дна.

Визначаємо внутрішній об'єм кришки сусло варильного апарату підставляючи дані в формулу, (в м³)

$$V_{\text{кв}} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2,5^2 \cdot 0.85 = 5.560$$

де $r = 2.5$ м - радіус апарата.

Знаходимо об'єм сталі кришки апарата (в м³)

$$V_{\text{к}} = V_{\text{кз}} - V_{\text{кв}} = 5.583 - 5.560 = 0,022 \quad (3.49)$$

Знаходимо масу кришки апарата (в кг)

$$G_{\text{кд}} = V_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{ст}} = 0,023 \cdot 7900 = 182 \quad (3.50)$$

Визначаємо зовнішній об'єм дна сусло варильного апарата підставляючи дані в формулу (в м³)

$$V_{\text{кв}} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2,504^2 \cdot 0.85 = 5.578$$

де $h_2 = 0.85$ м - висота кришки.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Знаходимо внутрішній об'єм дна сусло варильного апарата підставляючи дані в формулу

$$V_{\text{кв}} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2,5^2 \cdot 0,85 = 5,560$$

Знаходимо об'єм сталі дна сусло варильного апарату, підставляючи дані в формулу

$$V_{\text{к}} = V_{\text{кз}} - V_{\text{кв}} = 5,578 - 5,560 = 0,018$$

Знаходимо масу дна сусловарильного апарата підставляючи дані в формулу

$$G_{\text{кр}} = V_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{ст}} = 0,018 \cdot 7900 = 142$$

Тоді загальна маса апарата буде становити (кг)

$$G = G_{\text{ц}} + G_{\text{к}} + G_{\text{в}} + G_{\text{с}} = 1501 + 182 + 59972 + 142 = 61797 \quad (3.51)$$

Розраховуємо масу, що припадає на 1 з 6-ти опор апарата (в кг)

$$G_1 = G/n = 61795/6 = 10299,5 \quad (3.52)$$

Розрахунок опор апарата

Приймаємо діаметр стійки $D = 200$ мм, $d = 190$ мм.

Визначаємо момент інерції кільцевого перерізу (в мм⁴)

$$I_{\text{мін}} = I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} (200^4 - 190^4) = 1456 \cdot 10^4 \quad (3.53)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D - зовнішній діаметр стійки, мм;

d - внутрішній діаметр стійки, мм.

Визначаємо площу поперечного перерізу стійки (в мм^2)

$$F = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = \frac{3,14}{4}(200^2 - 190^2) = 30 \cdot 10^2 \quad (3.54)$$

Визначаємо мінімальний радіус інерції поперечного перерізу (в мм)

$$i_{\text{мін}} = i = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{1456 \cdot 10^4}{30 \cdot 10^2}} = 4853,3$$

Визначаємо фактичну гнучкість стійки

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{0,7 \cdot 3 \cdot 10^3}{4853,3} = 0,43 \quad (3.55)$$

де $\mu = 0,7$ - коефіцієнт приведення довжини;

$l = 3$ - висота стійки, м;

i - мінімальний радіус інерції поперечного перерізу.

Визначаємо граничну гнучкість стійки приймаючи для сталі Ст3 модуль по-
вздовжньої пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа і границю пропорційності стержня $\sigma_{\text{пц}} =$
200 МПа.

$$\lambda_{\text{грн}} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\text{пц}}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{200}} = 99,4 \quad (3.56)$$

Якщо $\lambda < \lambda_{\text{грн}}$, критичне напруження и критичну силу визначаємо по ем-
піричній формулі.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо критичне напруження (в МПа)

$$\sigma_{кр} = a - b \cdot \lambda = 310 - 1,14 \cdot 100 = 196$$

де $a = 310$ і $b = 1,14$ - емпіричні коефіцієнти відповідного матеріалу стійки,
МПа

Визначаємо критичну силу (в Н)

$$P_{кр} = \sigma_{кр} \cdot F = 196 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^2 = 5,9 \cdot 10^{11} \quad (3.57)$$

З розрахунку бачимо що критична сила більша за фактичну

$$(5,9 \cdot 10^{11} \text{ Н} > 102995 \text{ Н}), \text{ умова виконується.}$$

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Монтаж та ремонт апарата[12]

4.1 Монтаж апарата

Перед встановленням, монтажем і пуском апарату необхідно чітко вивчити інструкцію та технічну документацію. Для забезпечення транспортування вузлів суслварильного апарату завод виготовлювач доставляє виріб в демонтованому стані. Загальне збирання апарату проводиться при монтажу на місці збирання у замовника. При отриманні апарату перевіряється тара та її місткість. Якщо виявлені пошкодження тари або вузлів, складається акт, який направляється в транспортну організацію. Далі апарат розпаковується перевіряється комплектність доставки, згідно комплектуючої відомості.

Всі вузли і деталі очищаються від консервуючого мастила, пилу та бруду. Встановлення складальних одиниць апарату проводиться на фундаменті згідно монтажному кресленню, на якому вказані місця розташування. Для зручності обслуговування, чищення і миття апарата необхідно встановлювати таким чином, щоб відстань від корпусу до других машин, апаратів, стін і колон була не менше норм, встановлених експлуатаційною документацією. Висота приміщення, де встановлюється апарат, повинна бути більше висоти апарата не менше ніж на 2 м.

Далі готують фундамент під суслварильний апарат, який потім перевіряють на горизонтальність. Спочатку монтують корпус суслварильного апарата, який поступає на пивзавод у вигляді двох циліндричних частин, котрі при монтажу приварюються один до одного так, щоб циліндрична частина з більшою висотою стояла на циліндричній частині з меншою висотою. Зварювання ведеться з двох боків одночасно-зсередини циліндра та з зовні. Конічні кришка та днище поступають у вигляді двох половин, які при монтажу зборюються з обох боків одночасно. Нижній патрубок з'єднується з розподільчим пристроєм, який дозволяє повертати частину сусла, що забирається з апарата, безпосередньо в той же апарат.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Апарат має по колу опорне кільце, виготовлене з листового заліза, яким він опирається на перекриття між поверхами в будівлі, також до дна приварено стійки для встановлення його на фундаменті.

Після зварювання корпусу, його піднімають до рівня міжцехового перекриття та встановлюють на опорне кільце, і на опорні стійки з башмаками.

Після установки корпусу сусловарильного апарату на опорне кільце, встановлюють трубу сусловарильного апарату «СІР», яка розташована під кришкою апарата та має на кінці спеціальний розсікач. Установка поверхні нагріву зводиться до таких операцій до підготовки і підйому вантажопідйомних механізмів, підготовки та підйому поверхонь нагріву до місця устаткування, установки поверхонь нагріву на місце.

В якості вантажопідйомних механізмів використовують талі або лебідки, котрі працюють через поліспасти. Потім монтують кожухотрубний теплообмінник, та відбивний зонг, який знаходиться над теплообмінником. Після монтажу кожухотрубного теплообмінника виконують монтаж щита управління. Підключення електроапаратури проводиться по електромонтажним кресленням і схемам, які входять у комплект технічної документації. Монтують верхню частину апарату, а саме конічну кришку. До апарату підводять сусло, пару і воду. Фланцеві з'єднання виконують із застосуванням паранітових прокладок, різьбові з підмоткою льону на сурікові. Герметичність з'єднань паропроводу перевіряють подачею повітря тиском 0,5 — 0,7 МПа. Наносять теплоізоляцію на трубопроводи (теплоізоляція в комплект поставки апарату не входить).

Кришку приварюють до верхньої циліндричної частини апарату. Далі проводять гідравлічне випробування. Для цього на всіх відкритих патрубках встановлюють заглушки. Залишають тільки отвори наповнення апарата водою та отвори для випуску повітря. При гідравлічному випробуванні сусловарильного апарату не повинно бути течії у з'єднаннях апарату, дефектні місця виділяють, потім ліквідують. Закінчивши всі роботи по монтажу апарату, а також приєднавши його до парової системи, та системи подачі сусла проводять налагодження апарату і пробний пуск.

Перевіряють правильність взаємодії механізмів апарата: рух пари по трубопроводах, роботу робочих пристроїв для завантаження і розвантаження апарату.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіряють правильність підключення електродвигунів для насосів подачі сусли і води шляхом їх короткочасного ввімкнення.

Перевіряють роботу всіх блокуючих і захисних пристроїв.

Пробну експлуатацію апарату проводять протягом 2 - 4 змін, після чого він піддається випробуванням для перевірки основних параметрів і здачі його в експлуатацію.

4.2 Ремонт апарата

Робота апарату неминуче пов'язана з процесами, що викликають пошкодження чи руйнування деталей, вузлів механізмів. Ці процеси називаються шкідливими, їх повністю неможливо уникнути при експлуатації апарату, але можна сповільнити проведення своєчасних технічних оглядів ремонтів. Технічні огляди проводять щоденно на протязі всього періоду експлуатації апарату. Безперервний контроль здійснюють оператором апарату, черговий слюсар-ремонтник, електрик і спеціаліст по контрольно-вимірювальних пристроям і автоматам.

Поточний ремонт проводять у відповідності із графіком і з врахуванням результатів попереднього технічного огляду апарату працівниками ремонтної служби. Спочатку потрібно відключити всі інженерні комунікації. Перед початком ремонту потрібно оглянути агрегат і визначити ті деталі, які по своєму стану підлягають ремонту або заміні.

В ході експлуатації сусліварильного апарату можливе виникнення наступних неполадок розгерметизація корпусу апарата (в циліндричній частині, шви днища і кришки); утворення накипу на поверхнях обігріву; спрацювання труб в кожухотрубному теплообміннику (кип'ятильнику); негерметичність з'єднань фланців трубопроводів, а також тріщини в них.

Для усунення цих неполадок необхідно проводити ремонт з'єднань та деталей сусліварильного апарата. Герметичність в трубопроводах частіше всього порушується в місцях з'єднань труб, кранах і іншої водяної та парової арматури. В деяких випадках виявляються щілини в шовних трубах в результаті перевищення тиску пари або рідини понад встановлені норми.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порушується герметичність з'єднань також від корозії. В з'єднувальних частинах трубопроводів виникають поломки в результаті не обережного відношення до них. Тріщини в трубопроводах ліквідують заварюванням. Якщо труба пропускає рідину або пару в багатьох місцях, особливо в результаті дії корозії на неї, то цю частину або всю трубу замінюють новою. Замінюють також труби, які працюють під великим тиском, під дією роз'їдаючих речовин або високої температури. В місцях з'єднань труб протікання ліквідують підтягуванням фітінгів. Якщо після цього протікання не припиняється з'єднання розбирають, підганяють деталі, ставлять необхідні ущільнюючі прокладки і збирають знову. При пошкодженнях і нещільностях у фланцевих з'єднаннях в результаті пошкодження прокладок мають місце втрати тепла, це призводить до необхідності проведення незапланованих ремонтів трубопроводів.

Тому контроль за фланцевими з'єднаннями потрібно вести постійно і ретельно виявляти на кожному трубопроводі причини нещільностей і поломок. При розбиранні фланців потрібно бути обережним, для того щоб не пошкодити їх внутрішньої поверхні. Матеріал для нових фланців вибирають однаковий або близький по хімічному складу з матеріалом труби, до якої його легше потім буде приварити. Для збільшення строку служби прокладок потрібно звертати увагу на правильний вибір прокладки в залежності від її використання.

При розгерметизації корпусу (тріщини, прориви, розриви зварних з'єднань) необхідно заварити. Для очищення від утвореного накипу у теплообмінниках застосовуються різні способи. Серед них можна виділити такі:

- хімічне очищення;
- термічне очищення;
- механічне очищення з використанням привідних шарошок або сталених щіток

Хімічне очищення заключається в пом'якшенні накипу кальціоною або каустичною содою і послідовним розчиненням її слабим розчином соляної кислоти. При такому способі починає бурно виділятися вуглекислий газ, який допомагає циркуляції розчину і відділенні накипу від поверхні нагрівання.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термічний спосіб очищення заключається в поперемінному швидкому нагріву і охолодження звільненого від продукту кип'ятильника, в результаті чого частинки накипу відстають від поверхні нагрівання (в наслідок різних коефіцієнтів теплового розширення металу поверхні нагрівання і накипу).

Після чого накип видаляють, промиваючи теплообмінник водою. Термічне очищення не рекомендується для теплообмінних апаратів з трубчастою поверхнею нагрівання, у яких метал решіток відрізняється від металу трубок по коефіцієнту розширення при нагріванні, так як це може привести до порушення розвальцьованих з'єднань трубок з трубними ґратками. Механічний спосіб очищення з використанням привідних шарошок або сталевих щіток заключається у видаленні накипу відбиванням або зішкрябуванням її з поверхні шарошками, щітками, йоршами, і іншими інструментами.

Для очищення трубчастої поверхні нагрівання найбільшого розповсюдження отримав механічний спосіб очищення сталевих труб від накипу шарошками, які приводяться в обертання через гнучкий вал або від гідротурбінки. Очищення труб проводять із верху до низу, під час очищення в трубу подається вода для змивання накипу і охолодження шарошки. Кожну трубу проходять шарошкою по всій її довжині, якщо при цьому шар накипу не був повністю знятий операцію повторяють до тих пір поки накип не буде очищений по довжині труби. Для різних діаметрів труб промисловість випускає шарошки, на яких проставлені номери і буквені позначки при очищенні беруть номер шарошки відповідно до свого діаметра труби з буквеною позначкою для своєї твердості накипу.

Недоліком механічного способу очищення є:

- можливість пошкодження поверхневого захисного шару металу трубок, що призведе до пришвидшення процесу корозії і зносу трубок;
- неможливість повного усунення накипу в важкодоступних місцях; чищення поверхонь нагрівання повинна закінчуватися перевіркою якості виконаної роботи.

Для цього ретельно оглядають очищену поверхню нагріву як зовні, так і всередині, освітлюючи її електросвітильником, який працює під низькою напругою (12 В). Після проведення цих операцій апарат із кип'ятильником в середині ретельно промивають, проводять гідравлічне випробування і пробний пуск.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці[11]

Управління охороною праці - це підготовка, прийняття та реалізація рішень по здійсненню організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. Система управління охороною праці (СУ-ОП) є складовою частиною загальної системи керування підприємством, установою. Управління охороною праці передбачає участь у цьому процесі майже всіх служб та підрозділів підприємства. Об'єктом управління є діяльність структурних підрозділів, яка спрямована на створення безпечних і здорових умов праці. Управління охороною праці підприємства або установи в цілому здійснює роботодавець, а в підрозділах (цехах, відділах, службах) керівники або головні фахівці. Координує всю цю діяльність служба охорони праці. Підпорядковується служба охорони праці безпосередньо власнику.

Система управління охороною праці підприємства (СУОП) включає службу охорони праці та керівництво підприємства і керується у своїй діяльності законодавством України про охорону праці і про працю, міжгалузевими і галузевими нормативними актами з охорони праці і Положенням про службу охорони праці.

Основними функціями управління охороною праці, що розробляє і втілює служба охорони праці, є:

1. створення ефективної системи управління (СУОП), яка б сприяла удосконаленню діяльності кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи;
2. здійснення оперативного-методичного керівництва роботою з охорони праці;
3. розробка разом із структурними підрозділами заходів по забезпеченню норм безпеки, гігієни праці та виробничого середовища або їх підвищення (якщо вони досягнуті), а також підготовка розділу "Охорона праці" колективного договору;

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. розробка змісту та методики проведення інструктажу з питань охорони праці;
5. забезпечення працюючих правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами;
6. проведення паспортизації цехів, дільниць, робочих місць щодо відповідності їх вимогам безпеки;
7. здійснення оперативного та поточного контролю за станом охорони праці на підприємстві;
8. розробка перспективних та поточних планів роботи підприємства щодо створення безпечних та нешкідливих умов праці;
9. пропаганда та агітація безпечних і нешкідливих умов праці шляхом проведення консультацій, конкурсів, бесід, лекцій, наочної агітації та методичної роботи кабінету охорони праці;
10. участь у комісіях по введенню в дію цехів, дільниць, нового устаткування або після капітального ремонту;
11. забезпечення працюючих колективними та індивідуальними засобами захисту від шкідливих та небезпечних чинників виробництва, лікувально-профілактичним харчуванням, миючими засобами, санітарно-побутовими приміщеннями, надання передбачених законодавством пільг і компенсацій, пов'язаних із важкими і шкідливими умовами праці;
12. контроль за дотриманням чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконанням посадових інструкцій, проведення інструктажів на робочому місці, виконанням приписів органів державного нагляду, наказів, розпоряджень, а також заходів по усуненню причин нещасних випадків і аварій, відзначених в актах розслідувань.

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників, що діють у варильному відділенні наведені в таблиці 6.1.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1

Джерела виникнення небезпечних і шкідливих виробничих чинників	Шкідливі та небезпечні виробничі чинники
Апарат сусловарильний Ziemann (1 шт.)	Температура, тиск, пара гостра і вторинна.
Теплообмінник (1 шт.)	Температура, тиск.
Насос (4 шт.)	Температура, тиск, обертові деталі, електричний струм.
Конденсатор кожухотрубний (1 шт.)	Температура, тиск.
Трубопроводи	Температура.
Збірники	Температура.

Загальні положення з охорони праці у варильному відділенні.

Заторний , сусловарильний та фільтраційний апарати повинні бути обладнані витяжними трубами і всередині освітлюватись стаціонарними світильниками напругою не вище 12 В у вологозахищеному виконанні (з огороженням металевою сіткою).

Пускові пристрої привода мішалок заторних і фільтраційних і сусло варильних апаратів, повинні мати написи назв апаратів та їх порядкові номери.

На паровому трубопроводі на вході до варильного відділення повинен встановлюватись автоматичний редуکتивний пристрій з манометром і запобіжним клапаном.

Подавання хмелю до сусловарильного апарата повинно бути механізовано.

Сусловарильні апарати повинні мати позначку максимального рівня наповнення їх продуктом, повинні бути обладнані пристроями, що підтримують задану

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтенсивність кипіння сула, та блокуванням, щоб перешкоджав самочинному закриванню заслінки на витяжних трубах.

Перебіг технологічного процесу у суловарильному апараті має контролюватись через оглядові вікна з розсувними огорожами.

Корпуси всіх апаратів, повинні мати теплоізоляцію. Баки гарячої води повинні бути обладнані блокуванням від переливання.

Приміщення варильного відділення, відповідно до ОНТП 24-86 та правил улаштування електроустановок (ПУЕ) мають такі категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою:

- дробильне - (1 поверх): I категорія Д, клас згідно ПУЕ вологе.
- підварильне - категорія Д, клас згідно ПУЕ - вологе, жарке.

У відділенні, що проектується, проводимо розрахунок штучного освітлення.. Розміри проектованого відділення: довжина $A=33\text{м}$, ширина $B=27\text{м}$, висота $H=5.4\text{м}$. Приймається висота підвіски світильників $H_p = 2.5\text{м}$. Мінімальна освітленість ламп розжарювання при загальному освітленні у варильному відділенні $E_{\min}=150\text{лк}$. Приймається коефіцієнт відбиття стелі $\rho_{\text{ст}} = 70\%$; стін – $\rho_c = 50\%$. Напруга в мережі 220В.

Індекс приміщення визначається за формулою

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A+B)}, \quad (5.1)$$

де A і B – відповідно довжина і ширина приміщення, м;

H_p - висота підвіски світильників, м.

Визначається індекс приміщення за формулою 7.1

$$i = \frac{33 \cdot 27}{2,5(33 + 27)} = 5,94$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно табл.7 при $i=5,94$ приймаємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0,55$. Приймаємо $z=1,15$. Згідно таблиці 6 приймається $K=1,5$.

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймається відношення $L:H=1,4$, тоді відстань між центрами світильників визначається за формулою (в м)

$$L=1,4*H=1,4*2,5=3,5 \text{ м}$$

Необхідна кількість ламп визначається за формулою:

$$n = \frac{S}{L^2}, \quad (5.2)$$

де S – площа приміщення, м^2 .

Визначається необхідна кількість ламп за формулою 7.2

$$n = \frac{33*27}{3,5^2} = 72,7 = 73 \text{ шт.}$$

При розміщенні ламп в 4 ряди по 19 шт. кількість світильників становитиме $4*19=76$ шт.

Світловий потік однієї лампи визначається за формулою

$$\Phi = \frac{E_{\min} * S * Z * K}{n * \eta}, \quad (5.3)$$

де E_{\min} – мінімальна освітленість, лк;

K – коефіцієнт запасу;

Z - коефіцієнт мінімального освітлення.

Визначається світловий потік лампи за формулою 5.3

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi = \frac{200 \cdot 891 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{76 \cdot 0,55} = 7354 \text{ лм}$$

Приймаємо до встановлення лампу розжарювання загального призначення потужністю 500 Вт. , яка має світловий потік 8200 лм. , типу Г-220-500.

Інструкція з охорони праці при експлуатації сушварильного апарата

1 Загальні положення

1.1 До роботи допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичне обстеження, вступний інструктаж, спеціальне навчання, перевірку теоретичних знань у кваліфікаційній комісії з питань охорони праці, первинний інструктаж на робочому місці, стажування для придбання навичок безпечного ведення виробничих процесів і мають відповідне посвідчення.

1.2 Суворо дотримуйтеся правил внутрішнього розпорядку. Поява на роботі у стані наркотичного або алкогольного отруєння є грубим порушенням виробничої дисципліни.

1.3 Палити дозволяється тільки у спеціально влаштованих для цього місцях.

1.4 Належні за нормами спецодяг, спецвзуття і засоби індивідуального захисту: костюми або халати робочі (чоловічі, жіночі), рукавиці брезентові, ковпак, фартух з непромокальним просоченням повинні використовуватися за призначенням.

1.5 При необхідності користуйтеся справним переносним електросвітільником напругою 12В із захисною сіткою.

1.6 Умійте правильно користуватись первинними засобами пожежогасіння.

1.7 Для запобігання можливості вибуху не користуйтеся відкритим вогнем.

1.8 У разі травмування на виробництві звертайтеся за допомогою в медпункт і повідомте про це керівника структурного підрозділу.

1.9 Умійте надавати першу (долікарську) допомогу при: кровотечах, переломах, опіках, ураженні електричним струмом, отруєннях.

1.10 Не захарашуйте евакуаційні проходи, не використовуйте запасні евакуаційні виходи для складування в них матеріалів та інших предметів.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.11 За порушення вимог цієї інструкції працівник притягається до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної або карної відповідальності згідно з законом України.

2 Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1 Перевірте апарат на відсутність в ньому залишку продукту та сторонніх предметів.

2.2 Перевірте ущільнення патрубків та трубопроводів що під'єднуються до апарата.

2.3 Перевірте кип'ятильник на відсутність накипу та механічних пошкоджень.

2.4 Перевірте робочий стан миючих головок.

2.5 Перевірте правильність під'єднання усіх комунікацій до апарату.

3 Вимоги безпеки під час роботи

3.1 Слідкуйте за рівномірною подачею сусла в апарат.

3.2 При заповненні апарату відкрийте заслінки на трубі відводу вторинних парів.

3.3 Слідкуйте за безперебійною роботою програмного забезпечення та датчиків.

3.4 Слідкуйте за тиском в трубопроводі та температурою сусла в апараті.

3.5 Слідкуйте за тиском в апараті, щоб він не перевищував допустимий.

4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.1 При підвищенні тиску в паровій камері вище дозволеного прикрийте паровий вентиль, якщо тиск не знижується, закрийте повністю подачу пари.

4.2 При несправності манометра і неможливості визначити тиск припиніть подачу пари і сповістіть безпосереднього керівника.

4.3 При порушенні герметичності трубопроводів, перекрийте ділянку технологічної лінії, що вийшли із ладу і повідомте керівника.

5 Вимоги безпеки по закінченні роботи

5.1 Зупиніть роботу апарата, дочекайтеся повного його охолодження.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Відкрийте заслінку на трубі відводу вторинних парів.

5.3 Проведіть миття апарату за допомогою миючих головок.

5.4 Огляньте апарат на наявність пошкоджень.

5.5 Здайте робоче місце наступній зміні та попередьте її про неполадки обладнання, виявлені під час роботи.

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі спроектований сусло варильний апарат у виробництві пива.

В роботі описано технологічну схему випарювання барди , обґрунтовано теоретичні основи процесу.

Складено матеріальні і теплові баланси.

Проведено технологічні і конструктивні розрахунки ,вибір допоміжного обладнання , визначений гідравлічний опір апарата.

Матеріал (нержавіюча сталь марки 12Х18Н10Т), якого виготовлений апарат , є корозостійким до пивного сусла , що дозволяє уникнути додаткових витрат на експлуатацію і ремонт.

Приведені розрахунки, що підтверджують доцільність прийнятих технічних і конструкторських рішень.

При проектуванні прийнята раціональна конструкція апарата, в тому числі раціонально сконструйована поверхня теплообміну.

Технологічними та конструктивними розрахунками підтверджено працездатність апарата та установки в цілому. Конденсати граючої та вторинної пари використовуються для відповідних технологічних цілей.

Результатом кваліфікаційної роботи є сусло варильний апарат у виробництві пива.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Домарецкий В.А. Технологія солоду та пива. – К.: Урожай, 1999. – 544 с.
2. Малезик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування-К.,НУХТ,2012.- 543 с.
3. Балашов В. Е. Оборудование предприятий по производству пива и безалкогольных напитков. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.-248 с.
4. Попов В. И. Примеры расчетов по курсу технологического оборудования предприятий бродильной промышленности, 1960.-147 с.
5. Николаев Л. К. Теплообменные аппараты бродильной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1973.-165 с.
6. Балашов В. Е. Дипломное проектирование предприятий по производству пива и безалкогольных напитков. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.-288 с.
- 7.Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л., Машиностроение, 1970.- 752 с.
8. Балашов В.Е., Рудольф В. В. Техника и технология производства пива и безалкогольных напитков. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 248с.
- 9.Балашов В.Е Практикум по расчету технологического оборудования для производства пива и безалкогльных напитков . - М.: Агропромиздат , 1988. - 188с.
- 10.Николаев Л.К., Листовский Р.Р., Теплообменные аппараты бродильной промышленности – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 160с.
11. Лазерев И. А. Ремонт и монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – с. 224

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		