

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
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 ферментації сусла у виробництві пива. Розробити циліндро-конічний бродильний апарат

Виконав:
студент групи ХМдн – 84чк
Буглак Віталій Анатолійович

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 2022

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 – 84чк Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Буглаку Віталію Анатолійовичу

1 Тема роботи: Відділення ферментації сусла у виробництві пива.
Розробити циліндро-конічний бродильний апарат.

2 Вихідні дані: Розробити циліндрично-конічний бродильний апарат для ферментації сісла.
Початковою концентрацією сухих речовин- 10%мас. , початкова температура холодильного агента -
-5°C, сусла-14°C .

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

- | | |
|---|------------|
| 1. <u>Технологічна схема відділення</u> | – 1,0 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення ЦКБА</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Креслення складальних одиниць</u> | – 2.0 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 2021 р.

Керівник

підпис

ст. викл. Корнієнко В. М.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис технологічної схеми ректифікаційної установки	7
1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації	9
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА	23
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу	23
2.2 Технологічні розрахунки	32
2.3 Конструктивні розрахунки	34
2.4 Гідравлічний опір апарата	36
2.5 Вибір допоміжного обладнання	38
3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ	43
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки	43
3.2 Розрахунок опори апарата	45
3.3 Розрахунок опори апарат	55
4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА	59
4.1 Монтаж розробленого апарата	59
4.2 Ремонт апарата	66
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
ВИСНОВКИ	80
ЛІТЕРАТУРА	81
ДОДАТКИ	

					XI.B.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Буглак				Відділення ферментації сусла у виробництві пива. Розробити циліндрично- конічний бродильний апарат	Лім.	Лист	Листів
Перевір.	Корнієнко						4	73
Реценз.						СумДУ, ХМдн-84чк		
Н. Контр.								
Затверд.	Склабінський							

ВСТУП [7]

Основними напрямками інвестиційної політики підприємств пивної галузі України є покращення якості продукції; зниження енергоємності виробництва; підвищення конкурентоздатності продукції за рахунок впровадження нових технологій; захист навколишнього середовища (екології).

Вітчизняне пивоварне виробництво розвивається в основному за рахунок великих та середніх підприємств. Більшість малих пивзаводів не змогли знайти своє місце на українському ринку і не мають коштів ні для технічного переустаткування, ні для створення власної мережі збуту. Ці заводи або припиняють виробництво пива, або стають власністю великих підприємств.

Для отримання якісного пива всі матеріали мають бути найвищої якості. Для сучасних пивоварів, як і для пивоварів попередніх століть, основними інгредієнтами є вода, ячмінь, хміль і пивоварні дріжджів. Основним біохімічним процесом бродіння є перетворення зброджуваних цукрів на етиловий спирт і діоксид вуглецю.

Збродження й дозрівання пива відбувається на багатьох пивоварних підприємствах по класичному способу в бродильному й лагерному відділеннях та більш сучасному устаткуванні - в циліндроконічних танках (ЦКТ). Також існують безперервні методи бродіння, які мають не таку велику розповсюдженість, як ЦКТ та класичний метод.

Дріжджі добавляють в охолоджене сусло і вміщують в бродильні апарати. Збродження й дозрівання пива відбувається на багатьох пивоварних підприємствах по класичному способу в бродильному й лагерному відділеннях та більш сучасному устаткуванні - в циліндроконічних танках (ЦКТ). Також існують безперервні методи бродіння, які мають не таку велику розповсюдженість, як ЦКТ та класичний метод. Технічний рівень циліндро - конічного танка (і взаємопов'язаного з ним обладнання) за умови доброго знання технології дає можливість досягти однаково високої, стандартної якості

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

виробленого пива при найбільших виробничих обсягах.

При цьому процес бродіння пива в ЦКТ відносно нескладно автоматизувати (як варіант - комп'ютеризувати) . Те ж саме відноситься до процесу мийки та дезинфікування танка.

Відносно високі початкові капіталовкладення економічно виправдовуються тим , що за допомогою ЦКТ можна істотно прискорити процес ферментації пива , а значить - збільшити обсяги його виробництва. Саме тому технологія ЦКТ є сьогодні найбільш поширеним способом виробництва пива у всіх промислово розвинених країнах.

В існуючому обладнанні використовується охолодження за допомогою зміювика, який дешевший за рубашку охолодження, але гірший в експлуатації.

Даною кваліфікаційною роботою бакалавра передбачена розробка циліндрично-конічного бродильного апарата .

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми виробництва [7]

Даною кваліфікаційною роботою бакалавра передбачається зброджування пивного сусла сумісним способом з використанням ЦКБА по слідкуючій схемі:

Сусло із варниці $t = 9\text{ }^{\circ}\text{C}$ потрапляє до стерилізатора, де стерилізується 20 хв при температурі $102\text{ }^{\circ}\text{C}$ шляхом подачі пари в рубашки і охолоджується до температури $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ шляхом подачі в рубашки холодоагента – аміаку.

У вимитий і продезінфікований пропагатор поз. 2 із стерилізатора подають стерильне охолоджене сусло $t = (16 - 18)\text{ }^{\circ}\text{C}$ в кількості $(15 - 18)\text{ дм}^3$ з вмістом сухих речовин 10 %. Стерильним повітрям із кеги об'ємом 30 дм^3 передають чисту культуру дріжджів в пропагатор поз.2. Через кожні 30 хв на протязі 5 хв проводять аерацію сусла стерильним повітрям. Розмноження ведуть при температурі $18 - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до накопичення біомаси 85 млн дріжджових клітин в 1 см^3 сусла і до зменшення вмісту сухих речовин 7 – 8 %. Потім пропагатор поз. 2 заповнюють стерильним суслем до повного об'єму і проводять процес розмноження до накопичення біомаси 100 – 120 млн дріжджових клітин, температуру підтримують шляхом подачі холодоагента в охолоджуючі рубашки. Потім охолоджують до $t = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ через кожні 30 хв. Після цього лабораторія відбирає пробу, аналізує по всім мікробіологічним показникам (вміст мертвих клітин – не більше 0,5 %, інфекція не допускається, вміст клітин з глікогеном – не менше 70 %). Якщо всі показники задовольняють, дріжджі передають в потік сусла ЦКБА поз.1.

Перед подачею сусла в ЦКБА поз. 1, його миють водою, потім 45 хв лугом, концентрацією 20 %, після того 10 хв розчином азотної кислоти, концентрацією 1 %, знову миють водою.

Сусло, охолоджене до $t = 9 - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ подається знизу в ЦКБА поз. 1 по

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

трубопроводу. Перші 50 % сусла аерують стерильним повітрям до вмісту 4 – 6 мг кисню/ см³. Апарат заповнюють сушлом в 2 – 3 прийоми. Коли на 2-3 % заповнено апарат сушлом, вносять дріжджі 0,4л 88%-ної вологості на 10 дал пива із пропагатора поз. 2. Заповнюють апарат на 0,8-0,85 %.

Бродіння при $t = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ проводять на протязі 2 діб. Температуру в ЦКБА поз. 1 підтримують шляхом подачі гліколю в охолоджуючі оболонки.

Коли вміст сухих речовин досягає 5,5 %, апарат шпунтують. Шпунтований тиск 0,1 МПа і подальший процес бродіння проводять при тиску, що сприяє кращому насиченню CO_2 і осіданню дріжджів. Головне бродіння триває 2 доби. Після закінчення бродіння конічну частину апарата охолоджують до температури $0\text{-}2\text{ }^{\circ}\text{C}$, при цьому відбувається осідання дріжджів. Після зняття дріжджів проводять промивання та додаткову карбонізацію пива продуванням крізь нього діоксиду вуглецю (10г/дал).

Потім відбувається процес доброджування молодого пива при температурі в нижній конічній частині $0\text{ – }2\text{ }^{\circ}\text{C}$, в циліндричній – $1\text{-}3\text{ }^{\circ}\text{C}$ для даних сортів пива. Потім температуру вирівнюють по всьому об'єму апарату.

Процес закінчення витримки ведуть до досягнення кінцевого ступеня зброджування. По закінченню витримки лабораторія відбирає пробу через пробний кран не фільтрованого пива і аналізує по всім фізико – хімічним показникам. Якщо всі показники відповідають вимогам, то лабораторія дає дозвіл для передачі пива на фільтрацію.

Відцентровим насосом поз. 10. Не фільтроване пиво перекачується в збірник молодого пива поз.4., з якого насосом поз.4. подається на фільтрацію в свічковий фільтр поз.6 в якому попередньо проходить намивка фільтруючого шару кізельгуру, розчин якого готується в збірнику для приготування кізельгурного розчину поз.5. Намивка проходить в 3 етапи, спочатку в фільтр подають розчин кізельгуру з більшими частинками, потім з меншого діаметра і найменшого, далі воду з фільтра витісняють пивом і зливають в каналізацію.

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Після фільтрації пиво направляється в трап-фільтр поз.7.

Далі фільтроване пиво проходить через карбонізатор поз.8, де насичується CO₂. Потім частина пива подається відразу на розлив, а частина закачується у форфас поз.9.

1.2 Теоретичні основи процесу [7]

Пиво – являє собою слабоалкогольний пінистий, насичений діоксидом вуглецю напій, що добре втамовує спрагу, підвищує тонус організму людини, поліпшує обмін речовин, засвоюваність їжі, має профілактичні властивості.

Пиво одержують із пророслих і непророслих зернових культур спиртовим зброджуванням охмеленого суслу пивними дріжджами.

Кожний сорт пива характеризується певним ароматом, смаком, кольором, наявністю екстрактивних речовин, вмістом алкоголю і ступенем зброджування. Для приготування пива будь-якого сорту необхідно насамперед знати, які ж аромат та смак воно повинне мати, і які його основні фізико-хімічні показники, який склад сировини. За цими ознаками всі сорти різняться між собою.

Пивоварна галузь в Україні спеціалізується на виробництві таких трьох сортах: світле; темне; напівтемне, безалкогольне пиво, лікувально-профілактичне пиво.

Світле пиво готують в основному з використанням світлого солоду та несолодженої сировини (ячмінь, рис, кукурудза). Світлі сорти пива внаслідок низького вмісту ароматичних речовин, володіють менш вираженим солодовим ароматом і смаком, ніж темні. В них переважає аромат і смак хмелю.

При виробництві темного пива, крім світлого використовують солод темний та спеціальні сорти (карамелевий, палений), чим і досягається їх більш інтенсивне забарвлення, солодовий аромат і солодкуватий смак.

Напівтемне – невелика кількість темного солоду.

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		9

Безалкогольне пиво, маючи практично однакові зі звичайним пивом фізико-хімічні показники, містить стільки ж алкоголю, як і звичайні продукти харчування: кефір, хлібний квас, житній хліб.

Крім того, починають виробляти лікувально-профілактичне пиво: трояндове, полуничне, з кленом, із квітами бузини.

Згідно ДСТУ 3888-99 пиво за способом оброблення поділяють на фільтроване і не фільтроване.

Фільтроване в свою чергу поділяється на пастеризоване і не пастеризоване.

Не фільтроване – поділяється на освітлене та неосвітлене. Прискорений періодичний спосіб бродіння полягає в тому, що в циліндро-конічному бродильному апараті з швидким управлінням седиментації і виведенням з нього осілих дріжджів суміщені головне бродіння з доброджуванням, прискорене дозрівання (витримка) і освітлення пива, а також систематично здійснюється перемішування сусла, яке зброджується спочатку струмом стерильного повітря, а потім діоксидом вуглецю і збільшується кількість посівних дріжджів до 2 л на 1 гл сусла.

Хімічний склад пива коливається у досить широких межах і залежить від типу й сорту пива, складу зерно продуктів, що переробляється, складу екстрактивних речовин й ступеня зброджування. На якість пива впливають продукти спиртового бродіння, тобто спирт і CO₂, побічні продукти – вищі спирти, альдегіди, органічні кислоти, ефіри, гліцерин.

В готовому пиві міститься біля 90% води, 2,8 – 6 % спирту, 0,3 – 0,4 % диоксиду вуглецю, 5,5 – 10 % екстрактивних речовин.

Стандарт встановлює максимальну кислотність, величина вище якої вказує на порушення технології або антисанітарні умови виробництва напою. Нормальний рН пива становить 4,4 – 4,6.

Кольорність пива є основною специфічною ознакою типу пива. Колір вказує на характерні особливості окремих сортів пива, головним чином

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

смакові. Недотримання потрібного за стандартом кольору для світлого пива не допускається, причому більшим недоліком вважається більш темний, ніж занадто світлий колір.

Основна мета затирання — перетворення крохмалю й інших речовин солоду в низькомолекулярні з'єднання, які використовують дріжджі.

Настійний спосіб затирання — рекомендується використовувати при переробці високоякісного добре розчиненого солоду.

Відварочні способи затирання застосовують при роботі із солодом пониженої якості.

При фільтруванні затору розрізняють дві стадії: відділення першого сусла і вимивання екстрактивних речовин, що містяться в дробині. Температура затору і води, використовуваної для промивання шротини, повинна бути 78—80 °С. Сусло і промивні води повинні стікати максимально прозорими, тому що в протилежному випадку значно погіршується освітлення сусла, а готове пиво може мати грубий смак і не властиву йому гіркоту. Отриманий оцукрений затор направляють на фільтрування. При фільтруванні затору розрізняють дві стадії: відділення першого сусла і вимивання екстрактивних речовин, що містяться в дробині. Температура затору і води, використовуваної для промивання шротини, повинна бути 78—80 °С.

Відфільтроване сусло і необхідна кількість промивних вод збираються в сусловарильному котлі, де вихідні компоненти піддаються кип'ятінню з хмелем.

Ціль кип'ятіння сусла з хмелем — стабілізація складу сусла і його ароматизація.

Основний біохімічний процес при виробництві пива, що формує букет напою, — спиртове бродіння цукрів сусла під дією ферментів дріжджів.

У процесі бродіння пивного сусла розрізняють дві стадії: головне бродіння і доброджування.

По закінченні головного бродіння молоде пиво з температурою не

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		11

більше 5 °С перекачують на доброджування і дозрівання, а осілі дріжджі збирають, проціджують і промивають водою з температурою 1—2 °С. Після цього дріжджі готові до повторного використання.

Основна мета доброджування — одержання напою з приємним смаком, характерним специфічним для даного виду пива ароматом і достатнім насиченням діоксидом вуглецю.

Для відділення від пива залишків дріжджів, додання йому товарного виду і забезпечення стійкості при збереженні пиво піддають фільтруванню.

Освітлене пиво охолоджують, при необхідності додатково насичують двоокисом вуглецю і розливають у підготовлену тару (пляшки, бочки, кеги, автотермоцистерни).

Всі ці процеси складні, взаємопов'язані і порушення технологічних режимів на будь-якій стадії відображається на якості готового пива.

Технічний рівень циліндро - конічного танка (і взаємопов'язаного з ним обладнання) за умови доброго знання технології дає можливість досягти однаково високої, стандартної якості виробленого пива при найбільших виробничих обсягах. При цьому процес бродіння пива в ЦКТ відносно нескладно автоматизувати (як варіант - комп'ютеризувати). Те ж саме відноситься до процесу мийки та дезинфікування танка.

Відносно високі початкові капіталовкладення економічно виправдовуються тим, що за допомогою ЦКТ можна істотно прискорити процес ферментації пива, а значить - збільшити обсяги його виробництва. Саме тому технологія ЦКТ є сьогодні найбільш поширеним способом виробництва пива у всіх промислово розвинених країнах.

Поставивши в свій час танки бродіння і холодної витримки вертикально, конструктори ЦКТ у величезній мірі збільшили ефективність використання виробничих площ. Цей фактор і сьогодні є одним з найбільш істотних додаткових плюсів пивоваріння в ЦКТ.

Певні труднощі, які свого часу виникали у піонерів пивоваріння з

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

осадженням дріжджових клітин в ЦКТ , сьогодні успішно долаються за допомогою відпрацьованих прийомів охолодження і з розряду проблем перейшли в розряд звичайних робочих моментів.

ЦКТ дозволяє помітно поліпшити екологію робочих місць , а крім цього - істотно підвищити продуктивність праці і зменшити собівартість продукції . Можливість роботи всіх сорочок охолодження в автономних режимах робить режим охолодження ЦКТ гнучким і ефективним. Також до додаткових достоїнств циліндро - конічних танків відноситься те, що з цих ємностей можна оперативнo відводити осідаючі дріжджі.

Серед основних недоліків ЦКТ - неможливість повного усунення дріжджових дек, що утворюються на поверхні бродячого сусла і більш тривалий (порівняно з чаном) період осадження дріжджових клітин. Крім цього, в ЦКТ необхідно резервувати близько 20 % від загального обсягу ємності під утворену там піну, що помітно знижує виробничу ефективність танка.

У технології виробництва пива за допомогою ЦКТ сьогодні існує два загальноприйнятих варіанту охолодження пива в танку: пряме і непряме .

Пряме охолодження економічно є більш вигідним (витрати електроенергії тут досить невеликі). Реальна економія енергії при виробництві холоду (порівняно з непрямим охолодженням) становить до 30 %.

До числа найбільш помітних недоліків систем прямого охолодження можна віднести порівняно велику кількість потенційно небезпечного холодоагенту.

Сорочка охолодження є домінуючим у світі (і одночасно - найбільш старим і випробуваним) варіантом охолодження ЦКТ.

До загальновідомих пріоритетам сорочок охолодження належить можливість застосування індивідуального температурного режиму (при цьому використовується більш дороге двоетапне регулювання температури).

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Серед недоліків , крім обмеженою поверхні теплообміну , - відносно висока вартість сорочок охолодження (на них припадає близько 25-30% від загальної вартості ЦКТ) .

Даною кваліфікаційною курсовим роботою передбачена заміна обладнання на більш сучасніше і потужніше ЦКТ з повним об'ємом 497,2 м³ .

Головною перевагою запроєктованого обладнання являється система охолодження за допомогою оболонки охолодження. Цей метод являється домінуючим (і одночасно – самим старим і випробуваним).

На користь більшого співвідношення говорить збільшення можливої площі для нанесення сорочок охолодження , що підвищує оборотність танка. Крім того , при більшому співвідношенні знижується вартість як самого танка , так і його транспортування.

До загальновідомих переваг сорочок охолодження належить можливість застосування індивідуального температурного режиму (при цьому використовується більш недороге двоетапне регулювання температури). Серед недоліків , крім обмеженою поверхні теплообміну , - відносно висока вартість сорочок охолодження (на них припадає близько 25-30 % від загальної вартості ЦКТ) .

Циліндрична частина ЦКТ охолоджується двома сорочками (взагалі ж їх кількість може коливатися від однієї до п'яти) . Ще один охолоджуючий сегмент припадає на конус (абсолютно необхідно для ЦКТЛ) . Охолодження , вироблене

за допомогою окремих сорочок , дає можливість точно витримувати необхідний температурний режим і , одночасно , створювати інтенсивну циркуляцію молодого пива всередині танка.

В існуючому обладнанні використовується охолодження за допомогою змійовика, який дешевший за оболонку охолодження, але гірший в експлуатації.

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів [1]

Прискорений періодичний спосіб бродіння полягає в тому, що в циліндро-конічному бродильному апараті з швидким управлінням седиментації і виведенням з нього осілих дріжджів суміщені головне бродіння з доброджуванням, прискорене дозрівання (витримка) і освітлення пива, а також систематично здійснюється перемішування суслу, яке зброджується спочатку струмом стерильного повітря, а потім діоксидом вуглецю і збільшується кількість посівних дріжджів до 2 л на 1 гл суслу.

На сучасних передових пивоварних підприємствах бродіння і доброджування пивного суслу проводять у закритих циліндро-конічних бродильних апаратах (ЦКБА). На відміну від класичної схеми, для якої характерні аеробні умови, тут приготування пива йде в анаеробних умовах. Технічний рівень циліндро - конічного танка (і взаємопов'язаного з ним обладнання) за умови доброго знання технології дає можливість досягти однаково високої, стандартної якості виробленого пива при найбільших виробничих обсягах. При цьому процес бродіння пива в ЦКТ відносно нескладно автоматизувати (як варіант - комп'ютеризувати) . Те ж саме відноситься до процесу мийки та дезинфікування танка.

Відносно високі початкові капіталовкладення економічно виправдовуються тим , що за допомогою ЦКТ можна істотно прискорити процес ферментації пива , а значить - збільшити обсяги його виробництва. Саме тому технологія ЦКТ є сьогодні найбільш поширеним способом виробництва пива у всіх промислово розвинених країнах.

Поставивши в свій час танки бродіння і холодної витримки вертикально, конструктори ЦКТ у величезній мірі збільшили ефективність використання

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

виробничих площ . Цей фактор і сьогодні є одним з найбільш істотних додаткових плюсів пивоваріння в ЦКТ .

ЦКТ дозволяє помітно поліпшити екологію робочих місць , а крім цього - істотно підвищити продуктивність праці і зменшити собівартість продукції . Можливість роботи всіх сорочок охолодження в автономних режимах робить режим охолодження ЦКТ гнучким і ефективним. Також до додаткових достоїнств циліндро - конічних танків відноситься те, що з цих ємностей можна оперативно відводити осідаючі дріжджі.

Серед основних недоліків ЦКТ - неможливість повного усунення дріжджових дек, що утворюються на поверхні бродячого суслу і більш тривалий (порівняно з чаном) період осадження дріжджових клітин. Крім цього, в ЦКТ необхідно резервувати близько 20 % від загального обсягу ємності під утворену там піну, що помітно знижує виробничу ефективність танка.

У технології виробництва пива за допомогою ЦКТ сьогодні існує два загальноприйнятих варіанту охолодження пива в танку: пряме і непряме .

Пряме охолодження економічно є більш вигідним (витрати електроенергії тут досить невеликі). Реальна економія енергії при виробництві холоду (порівняно з непрямим охолодженням) становить до 30 %.

До числа найбільш помітних недоліків систем прямого охолодження можна віднести порівняно велику кількість потенційно небезпечного холодоагенту.

Сорочка охолодження є домінуючим у світі (і одночасно - найбільш старим і випробуваним) варіантом охолодження ЦКТ.

До загальновідомих пріоритетами сорочок охолодження належить можливість застосування індивідуального температурного режиму (при цьому використовується більш недороге двоетапне регулювання температури). Серед недоліків , крім обмеженою поверхні теплообміну , - відносно висока вартість сорочок охолодження (на них припадає близько 25-30% від загальної вартості ЦКТ) .

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Головною перевагою проектуючого обладнання являється система охолодження за допомогою рубашки охолодження. Цей метод являється домінуючим (і одночасно – самим старим і випробуваним).

На користь більшого співвідношення говорить збільшення можливої площі для нанесення сорочок охолодження, що підвищує оборотність танка. Крім того, при більшому співвідношенні знижується вартість як самого танка, так і його транспортування.

До загальновідомих переваг сорочок охолодження належить можливість застосування індивідуального температурного режиму (при цьому використовується більш дороге двоетапне регулювання температури). Серед недоліків, крім обмеженою поверхні теплообміну, - відносно висока вартість сорочок охолодження (на них припадає близько 25-30 % від загальної вартості ЦКТ).

Циліндрична частина ЦКТ охолоджується двома сорочками (взагалі ж їх кількість може коливатися від однієї до п'яти). Ще один охолоджуючий сегмент припадає на конус (абсолютно необхідно для ЦКТЛ). Охолодження, вироблене

за допомогою окремих сорочок, дає можливість точно витримувати необхідний температурний режим і, одночасно, створювати інтенсивну циркуляцію молодого пива всередині танка.

В існуючому обладнанні використовується охолодження за допомогою зміювика, який дешевший за оболонку охолодження, але гірший в експлуатації.

Даною кваліфікаційною роботою передбачена розробка циліндрично-конічного бродильного апарата, що дасть більшу ефективність і прискорить процес бродіння пивного суслу. Процес безперервний, більш економічно вигідний, тому що бродіння триває 6 діб, а доброджування — 11 - 12 діб. Запроектований циліндрично-конічний танк являє собою вертикальний циліндричний апарат з конічною кришкою поз. 5 і днищем поз 2.

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

На циліндричній частині корпусу поз.4 внизу розташовані опорні стійки поз. 6, за допомогою яких апарат закріплюється на опорній конструкції. Танк обладнаний охолоджувальними камерами поз. 3: на нижній частині конічного днища 1 – шт. і на циліндричній частині – 2шт.

Подача холодоагенту в кожний охолоджуючий пояс відбувається через штуцера окремими трубопроводами, що забезпечує можливість створення градієнта температури по висоті танка. Через відповідні штуцера проходить відведення холодоагенту по спільній трубі із оболонки.

Верхня конічна кришка корпусу обладнана фланцем, який закритий кришкою. До цієї кришки закріплена мийна головка поз. 1 з клапаном поз. 7. На кришці встановлений запобіжний клапан поз 8. Для обігріву клапана в зимовий час, він розташовується в спеціальний утеплений кожух, в якому є обігрівач. В цьому кожусі передбачений люк для обслуговування запобіжного клапана. На кришці також знаходиться пробка, що використовується при гідравлічних випробуваннях танка. До верхньої конічної кришки танка приварені чотири штиря для закріплення площадки обслуговування. До нижньої частини танка корпусу закріплений поворотний конус, який призначений для візуального контролю внутрішньої поверхні танка.

Вздовж корпусу апарата на кронштейнах змонтований вертикальний трубопровід поз. 11 для відведення диоксида вуглецю, що виділяється в процесі бродіння, і для подачі води та дезінфікуючого розчину до мийної головки під час миття апарата. В нижній частині трубопроводу розташований трьохходовий кран, до якого під'єднується запірний клапан, шпунт-апарат, повітряний кран. Внизу на трубопроводі передбачена пробка, вкручуючи чи викручуючи яку з'єднується внутрішній об'єм з атмосферою або герметизується.

Для контролю температури в апараті призначений термометр-опору, для контролю заповнення танка – регулятор-сигналізатор рівня, що передає сигнал на зупинку заповнення при досягненні необхідного рівня.

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Подача і вихід продукту відбувається знизу через кран. Для візуального контролю за подачею в виходом продукту передбачений ліхтар. Відбір проб проводиться через пробовідбірний кран поз. 13 у нижній частині апарата.

По всій висоті зовні апарат прикритий шаром теплоізоляції поз. 16. ЦКБА облаштовують верхніми площадками обслуговування і маршами для доступу до них.

Перед встановленням на танк запобіжний клапан необхідно відрегулювати на тиск $0,7 \text{ кг/см}^2$.

Щоденно перевіряти працездатність заподіяного клапану в робочому стані шляхом його примусового відкриття під час роботи танка. При експлуатації запобіжний клапан повинен бути захищений від примерзання, забиття робочим середовищем і дії атмосферних осадів.

Не менше одного разу на місяць проводиться перевірка запобіжного клапану на випробувальному стенді за допомогою манометра.

При експлуатації циліндрично-конічного бродильного апарата не дозволяється проводити різкі місцеві механічні і термічні дії на поверхні.

Трубопровід подачі повітря для звільнення танка повинен мати автоматичний редукційний пристрій з манометром і запобіжним клапаном, що встановлений на стороні меншого тиску після редукційного пристрою.

Для безпечної експлуатації ЦКБА потрібно дотримуватись таких правил.

Перед початком роботи:

- перевірити відсутність всередині апарата сторонніх предметів;
- перевірити справність обладнання та контрольно-вимірювальні прилади;
- переглянути журнал здачі зміни та дізнатися про неполадки, які виникали на протязі попередньої зміни;
- запірна арматура на виході розсолу з охолоджуючих поясів повинна бути відкрита;
- оглянути робоче місце.

Під час роботи:

- контролювати подачу сусли і його температуру в межах 6 – 8 °С на вході в ЦКБА;
 - періодично перевіряти щільність фланцевих з'єднань;
 - слідкувати за подачею аміаку в охолоджуючі рубашки (при наявності витоку аміаку слід негайно ліквідувати причину);
 - за допомогою манометра постійно слідкувати за роботою шпунт-апарату і тиску в ємкості;
 - тиск не повинен перевищувати позначки 0,7 кг/см²;
 - постійно контролювати відвід CO₂;
- слідкувати за відводом пива на фільтрацію.

Вибір конструкційних матеріалів[1]

При конструюванні хімічної апаратури до конструкційних матеріалів пред'являються наступні вимоги:

- достатня загальна хімічна та корозійна стійкість матеріалів в агресивному середовищі з заданими концентрацією, температурою і тиском;
- достатня механічна міцність при заданому тиску і температурі технологічного процесу;
- найкраща спроможність матеріалу зварюватися з забезпеченням високих механічних властивостей зварних сполучень та корозійної стійкості їх в агресивному середовищі;
- вплив матеріалу на смакові якості та його товарний вид (критерій специфічний для харчової промисловості);
- низька вартість матеріалу, не дефіцитність та освоєність його промисловістю.

В якості матеріалу для обладнання відділення ферментації , 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

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

плакованого матеріалу сталь – нержавіюча сталь з метою підвищення коефіцієнту теплопередачі від 900 приблизно до 1000 Вт/м².

При конструюванні хімічної апаратури до конструкційних матеріалів пред'являються наступні вимоги:

- достатня загальна хімічна та корозійна стійкість матеріалів в агресивному середовищі з заданими концентрацією, температурою і тиском;
- достатня механічна міцність при заданому тиску і температурі технологічного процесу;
- найкраща спроможність матеріалу зварюватися з забезпеченням високих механічних властивостей зварних сполучень та корозійної стійкості їх в агресивному середовищі;
- вплив матеріалу на смакові якості та його товарний вид (критерій специфічний для харчової промисловості);
- низька вартість матеріалу, не дефіцитність та освоюваністю його промисловістю.

Сталь 12X18T10T задовольняє всі вимоги: стійкість до середовища (барда, її пари та конденсат що мають високу хімічну агресивність), механічна міцність 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 12X18H10T ГОСТ ГОСТ 5632-80.

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

Така сталь характеризується високою корозією стійкістю. Відноситься до легованих сталей аустенитного класу. Рекомендується використовувати в температурному діапазоні від 256 °С і до 525 °С, для корпусних елементів до 600 °С, для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТУ

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу[3]

При зброджуванні 1 кг мальтози виділяється 613,8 кДж теплоти. При зброджуванні сусла з 12 до 5,5% сухих речовин виділяється теплоти (в кВт):

$$Q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot (12 - 5,5) \cdot 613,8}{10 \cdot \tau} = \frac{38000 \cdot 1040 \cdot (12 - 5,5) \cdot 613,8}{10 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 3600} = 92 \quad (2.1)$$

де $V = 380 \text{ м}^3$ – корисний об'єм ЦКБА;

$\tau = 2$ доби – тривалість інтенсивного бродіння.

За дві доби зброжене сусло охолodжеться до температури доброджування, тоді теплове навантаження

(в кВт) буде

$$Q_2 = \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{ntc} - t_{kic})}{\tau} = \frac{380 \cdot 1040 \cdot 3,96 \cdot (14 - 2)}{22,8 \cdot 3600} = 239,76 \quad (2.2)$$

де $\rho = 1040 \text{ кг/м}^3$ - густина сусла;

$c = 3,96 \text{ кДж/кг}$ – питома теплоємність сусла;

$t_{ntc} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$ – початкова температура сусла;

$t_{kic} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$ – кінцева температура сусла.

Знаходимо витрату гліколю для охолodження сусла (в кг/с), з умови 2-х кратної витрати його по відношенню до сусла по формулі

$$G_p = 2G_c = \frac{2 \cdot 1040 \cdot 397}{2 \cdot 24 \cdot 3600} = 4,8 \quad (2.3)$$

де, G_c - витрата сусла;

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Визначаємо кінцеву температуру гліколю після охолодження сусла (в $^{\circ}\text{C}$) по формулі:

$$Q_1 = Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_4 - t_3) \quad (2.4)$$

де G_2 - втрата гліколю (в кг/с);

c_2 – питома теплоємність гліколю;

t_3 – початкова температура гліколю;

t_4 – кінцева температура гліколю;

звідси

$$t_4 = \frac{Q_1}{G_2 \cdot c_2} + t_3 = \frac{92}{4,8 \cdot 3,33} + (-5) = 1^{\circ}\text{C} \quad (2.5)$$

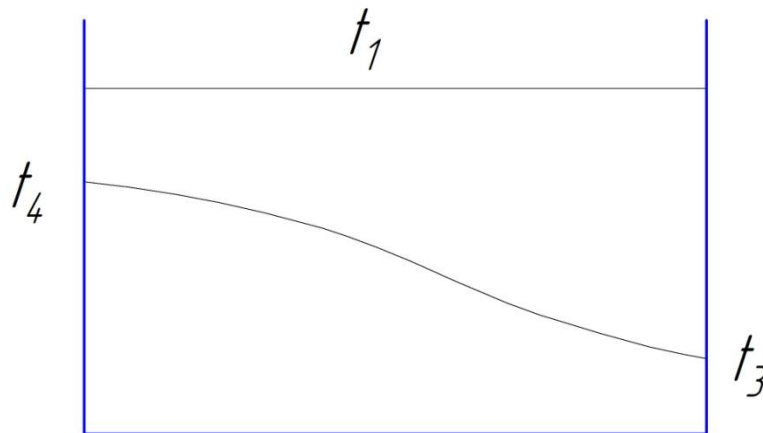


Рис 2.1.Графік зміни температури під час бродіння.

$\Delta t_{\bar{o}} = 14 - 1 = 13^{\circ}\text{C}$ - менша різниця температур

$\Delta t_m = 14 - (-5) = 19^{\circ}\text{C}$ - більша різниця температур

Звідки $\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_m} = \frac{13}{19} = 0,7 \leq 2$, середню різницю температур (в $^{\circ}\text{C}$)

визначаємо по формулі:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\bar{o}} + \Delta t_m}{2} = \frac{13 + 19}{2} = 16 \quad (2.6)$$

Знаходимо коефіцієнт теплопередачі (в Вт/м²К) по формулі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.7)$$

де α_1 і α_2 - коефіцієнти тепловіддачі в Вт/(м²·К);

$\delta = 4,5$ мм – товщина стінки;

$\lambda = 15,1$ Вт/(м·К) – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки.

Визначаємо критерій Рейнольдса для гліколю:

$$Re = \frac{\rho \cdot w \cdot l}{\mu} \quad (2.8)$$

де $\rho = 1160$ кг/м³ – густина гліколю;

w – швидкість руху гліколю;

$l = 0,08$ м – геометричний розмір камери руху гліколю;

$\mu = 0,00882$ Па·с – динамічна в'язкість розсолу.

Визначаємо швидкість руху середовища в м³/с по формулі:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho} \quad (2.9)$$

Так як

$$V_2 = F_{зм} \cdot w, \text{ тоді}$$

$$w = \frac{V_2}{F} = \frac{G_2}{F \cdot \rho_2} = \frac{4,8}{1160 \cdot 0,001236} = 3,7 \quad (2.10)$$

Визначаємо площу перерізу камери (в м²) по формулі

$$F_{зм} = F_c - F_{тр} \quad (2.11)$$

де F_c – площа частини кола обмеженої кутом 92°;

$$F_c = \frac{(\pi \cdot R^2 \cdot \alpha)}{360} = \frac{(3,14 \cdot 62^2 \cdot 91)}{360} = 2996 \text{ мм}^2;$$

де $\alpha = 91^\circ$ - кут що обмежує сектор;

$$\arctg \alpha = 2 \cdot \arctg \left(\frac{0,5 \cdot b}{h} \right) = 2 \cdot \arctg \left(\frac{0,5 \cdot 80}{44} \right) = 91^\circ$$

де $F_{тр}$ – площа трикутника (рис.4.1);

$$F_c = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 44 = 1760 \text{ мм}^2;$$

де $h=44\text{мм}$ – висота трикутника;

Отже:

$$F_{зм} = 2996 - 1760 = 1236 \text{ мм}^2$$

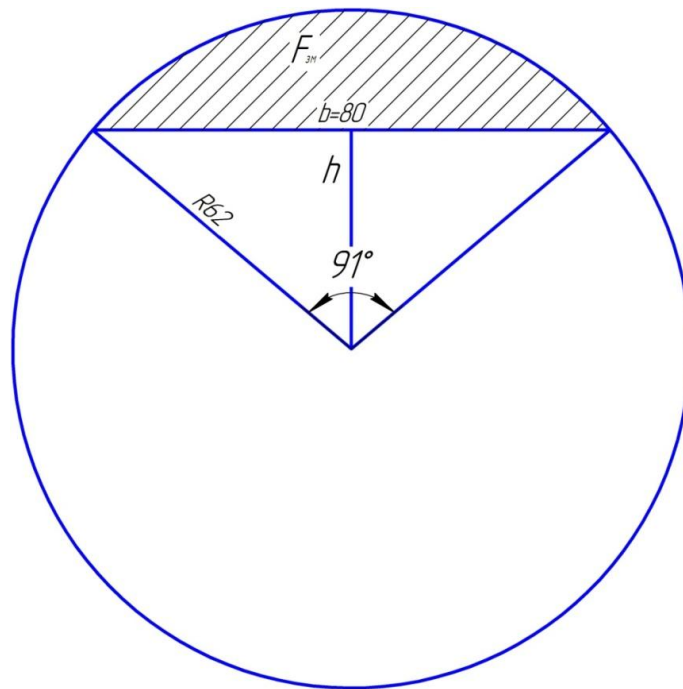


Рис.2.1.Визначення площі поперечного перерізу напівтрубки.

Знайдені величини підставимо у формулу

$$Re = \frac{0,08 \cdot 3,7 \cdot 1160}{0,00882} = 35600 \quad (2.12)$$

Критерій Прантля приймаємо із [5,с 178] $Pr=68,3$

Визначаємо критерій Нусельта

$$Nu = 0,023 \cdot \varepsilon_l \cdot Re_{ep}^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \quad (2.13)$$

де $\varepsilon_l = 1,027$ – коефіцієнт, який враховує вплив на коефіцієнт теплопередачі відношенням довжини труби до її діаметру. [5,с 46. Табл1]

Знайдені величини підставимо у формулу

$$Nu = 0,023 \cdot 1,027 \cdot 35600^{0,8} \cdot 68,3^{0,4} = 560,4$$

$$N_u \cdot x = 560,4 \cdot 1,01 = 566$$

Коефіцієнт теплопровідності середовища $\lambda = 0,430$ Вт/м·град при $t_p = - 5$
°С .

Визначаємо значення коефіцієнта тепловіддачі (в Вт/м²·К)

$$\alpha_1 = \frac{\lambda}{l} \cdot Nu = \frac{0,430}{0,08} \cdot 566 = 3042,25 \quad (2.14)$$

$l=0,08$ м - геометричний розмір камери руху гліколю;

Секція сусла.

Знаходимо критерій Прантля для сусла по формулі :

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{4190 \cdot 0,002247}{0,57} = 16,5 \quad (2.15)$$

де $c=4,190$ кДж/(кг·К) – теплоємність сусла;

$\lambda = 0,57$ Вт/(м·К) - коефіцієнт теплопровідності.

Знаходимо критерій Гразгофа для сусла по формулі:

$$Gr = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho^2 \cdot \Delta \cdot t \cdot \beta}{\mu^2} \quad (2.16)$$

де $\beta = 3,21 \cdot 10^{-4}$ - коефіцієнт об'ємного розширення;

$\Delta t = 4,6$ °С – середня температура.

Відомі величини підставляємо у формулу:

$$Gr = \frac{9,8 \cdot 5,6^3 \cdot 1040^2 \cdot 4,6 \cdot 3,21 \cdot 10^{-4}}{0,002247^2} = 5,4 \cdot 10^{11}$$

Знаходимо співвідношення Гразгофа до Прантля:

$5,4 \cdot 10^{11} \cdot 16,5 = 89,1 \cdot 10^{11}$, так як $89,1 \cdot 10^{11} > 2 \cdot 10^7$, то використовуємо формулу для визначення коефіцієнта Нусельта

$$Nu = 0,135 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,33} = 0,135 \cdot (5,4 \cdot 10^{11} \cdot 16,5)^{0,33} = 2534 \quad (2.17)$$

Знаходимо коефіцієнт теплопровідності середовища:

λ при $t_c = 4,6 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\lambda = 0,563 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

Знаходимо значення коефіцієнта тепловіддачі (в $\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$):

$$\alpha_2 = \frac{\lambda}{\delta} \cdot Nu \quad (2.18)$$

$$\alpha_2 = \frac{0,563}{5,6} \cdot 2534 = 254,76$$

Знайдені величини підставляємо у формулу і обчислюємо

$$K = \frac{1}{\frac{1}{3042,25} + \frac{0,0045}{15,1} + \frac{1}{254,76}} = 2197 \quad (2.19)$$

Визначаємо поверхню теплопередачі (в м²) із основного рівняння теплопередачі:

$$F = \frac{Q_1}{K \cdot \Delta t} = \frac{92 \cdot 10^3}{206,9 \cdot 16} = 27,8 \quad (2.20)$$

де, Δt - середня різниця температури, °С;

К - коефіцієнт теплопередачі;

З урахуванням коефіцієнту нерівномірності виділення тепла в процесі бродіння сусла, що складає 1,3 загальна площа поверхні теплообміну складе:

$$F = 27,8 \cdot 1,3 = 36,14 \text{ м}^2$$

Визначаємо поверхню теплопередачі при охолодженні

Визначаємо кінцеву температуру гліколю

$$Q_2 = Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_{к.2} - t_{н.2})$$

звідси

$$t_{к.2} = \frac{Q_2}{G_2 \cdot c_2} + t_{н.2} = \frac{239,76}{4,8 \cdot 3,33} + (-5) = 10^\circ \text{C}$$

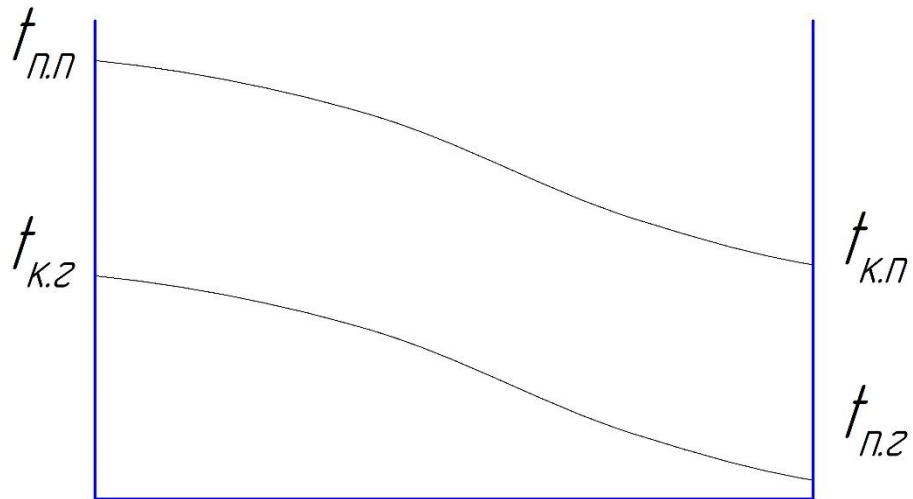


Рис.2.2 Графік зміни температури при охолодженні.

$$\Delta t_{\delta} = 14 - 10 = 4 \text{ }^{\circ}\text{C} - \text{ менша різниця температур}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 2 - (-5) = 7 \text{ }^{\circ}\text{C} - \text{ більша різниця температур}$$

$$\text{Звідки } \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{4}{7} = 0,57 \leq 2$$

, середню різницю температур в $^{\circ}\text{C}$

визначаємо по формулі:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = \frac{4 + 7}{2} = 5,5$$

Визначаємо поверхню теплопередачі (в м^2) по формулі:

$$F = \frac{Q_2}{K \cdot \Delta t} = \frac{239,76 \cdot 10^3}{219,7 \cdot 5,5} = 198,4$$

З урахуванням коефіцієнту нерівномірності виділення тепла в процесі бродіння сусла, що складає 1,22 загальна площа поверхні теплообміну складе

$$F = 198,4 \cdot 1,22 = 241,6 \text{ м}^2$$

2.2 Технологічні розрахунки[3]

Потужність пивзаводу згідно завдання складає 5,0 млн. дал на рік.

Визначаємо річну кількість холодного суслу по формулі

$$V_{x.c.} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 10,78}{1 \cdot 1000} = 53,9 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \quad (2.21)$$

де 10,78л-витрата холодного суслу на 1 дал пива;

5 млн.дал на рік-потужність пивзаводу;

Визначаємо кількість апаратів за ф-ю

$$Z_{апар} = \frac{V_{x.c.}^p}{z_{об} \cdot V_K} = \frac{53900}{380 \cdot 24,3} = 6 \quad (2.22)$$

де $V_{x.c.}^p$ -річна витрата холодного суслу;

V_K -корисний об'єм одного бродильного апарата;

$z_{об}=24,3$ -обертання за рік при рівномірній роботі цеху протягом року.

Приймаємо до встановлення 6 робочих апаратів і 1 резервний.

Коефіцієнт заповнення приймаємо $\phi = 0,8$ тоді геометричний об'єм складе (в м^3):

$$V_2 = \frac{V_K}{\phi} = \frac{380}{0,81} = 469 \quad (2.23)$$

Приймаємо до встановлення ЦКБА з геометричним об'ємом 470 м³.

Прийнявши співвідношенням висоти до діаметру, знаходимо геометричні розміри апарата

$$H/D=3,43 \quad h_1/D=0,2 \quad h_2/D=0,59$$

де H - висота робочої камери;

h_1 – висота конічного днища;

h_2 – висота кришки;

Виходячи з об'єму визначаємо діаметр апарата (в м) за формулою

$$V = \frac{3,14 \cdot D^2}{4} \cdot \left(H + \frac{1}{3} \cdot h_1 + \frac{1}{3} h_2 \right) \quad (2.24)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot D^2}{4} \cdot \left(D \cdot 3,43 + D \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,2 + D \frac{1}{3} \cdot 0,59 \right)$$

$$V_r = 2,9D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_k}{2,9}} = \sqrt[3]{\frac{470}{2,9}} = 5,487\text{м} = 5487\text{мм} \quad (2.25)$$

Приймаємо діаметр апарата згідно існуючих конструкцій D=5600 мм.

Визначаємо висоту циліндричної частини (в м) по формулі

$$H = 3,43 \cdot D = 5600 \cdot 3,43 = 19219 \quad (2.26)$$

Визначаємо висоту верхньої сферичної частини (в м) по формулі:

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$h_1 = 0,2 \cdot D = 0,2 \cdot 5600 = 1118 \quad (2.27)$$

Визначаємо висоту нижньої конічної частини (в м) по формулі:

$$h_2 = 0,59 \cdot D = 0,59 \cdot 5600 = 3294 \quad (2.28)$$

Технічна характеристика

Об'єм апарата, м ³	
загальний	470
корисний	380
Робочий тиск, МПа	
в апараті	0,1
в змійовику	0,3
Температура холодоагента в змійовику, °C	-5
Площа поверхні охолодження, м ²	241,6
Діаметр, мм	5600
Габаритні розміри, мм	
довжина	6086
ширина	5949
висота	23230

2.3 Конструктивні розрахунки[5]

Знаходимо площу охолодження днища

$$F_{\text{дн}} = \pi l (R_{\text{дн}} + r_{\text{дн}}) \quad (2.29)$$

де l – довжина рубашки охолодження;

Приймаємо: $l = 1/2l_{\text{дн}} = 2805 \text{ мм}$;

$R_{\text{дн}}$ – більший радіус рубашки охолодження, що встановлена на днищі;

Приймаємо: $R_{\text{дн}}=2,178\text{м}$

$r_{\text{дн}}$ – менший радіус рубашки охолодження, що встановлена на днищі;

$$r_{\text{дн}} = \frac{R_{\text{дн}} \cdot l_1}{l_{\text{дн}} + l_1} = \frac{2,178 \cdot 1,1}{2,805 + 1,1} = 0,610$$

Приймаємо: $r_{\text{дн}}=0,610\text{м}$

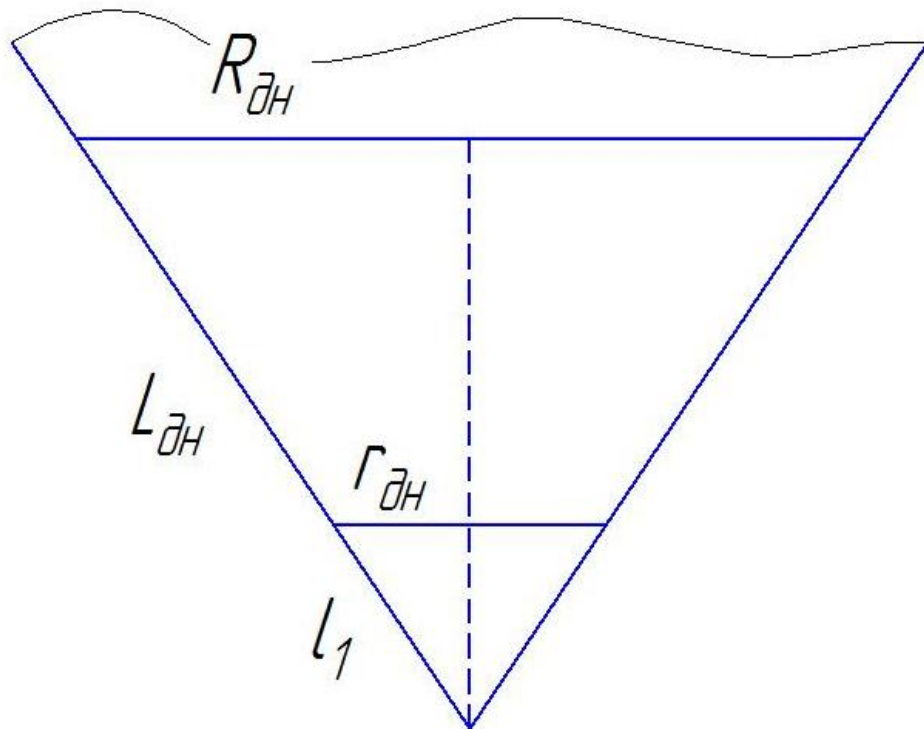


Рис. 2.3 Визначення площі охолодження днища

Отже:

$$F_{\text{дн}} = \pi 2805(2,178 + 0,610) = 24,6\text{м}^2$$

Знаходимо площу охолодження циліндричної частини.

$$F_u = F - F_{\text{дн}} = 241,6 - 24,6 = 217 \text{ м}^2 \quad (2.30)$$

Висоту рубашки охолодження циліндричної частини знаходимо по формулі

$$H_u = \frac{F_u}{\pi D} = \frac{217}{\cdot 3,14 \cdot 5,609} = 12,3 \text{ м} \quad (2.31)$$

2.4 Гідравлічний розрахунок [1]

Для миття бродильного апарату приймаємо до встановлення миючу головку високого тиску.

Щоб знайти кількість отворів миючої головки, спочатку знаходимо витрату води м³/с

$$G_e = G_{\text{пива}} \cdot 0,05 = 2,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 = 0,12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

де, $G_{\text{пива}}$ – це кількість виробленого пива за секунду, м³/с

Визначаємо загальну площу поперечного перерізу всіх отворів миючої ГОЛОВКИ

$$F = \frac{G_e \cdot t}{v} = \frac{0,12 \cdot 10^{-3} \cdot 1200}{18} = 0,008 \text{ м}^2 = 8000 \text{ мм}^2$$

v-це швидкість проходження води через отвори;

v=15-20м/с ;

t-це тривалість миття апарата водою;

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$t=20\text{хв};$$

Знайдемо загальний діаметр, мм

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8000}{3,14}} = 101 \text{ мм}$$

Визначаємо кількість отворів миючої головки

$$n = \frac{D}{d} = \frac{101}{1,2} = 56 \text{ шт}$$

де, d-середнє значення діаметру одного отвору;

$$d=1,8 \text{ мм};$$

Також визначаємо діаметр патрубкa подачі води

$$F_{\text{пат}} = \frac{G_{\text{в}} \cdot t}{V_{\text{пат}}} = \frac{0,12 \cdot 10^{-3} \cdot 1200}{15} = 0,0096 \text{ м}^2 = 9600 \text{ мм}^2$$

$$D_{\text{пат}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{пат}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9600}{3,14}} = 110 \text{ мм}$$

де v-це швидкість проходження води через патрубк;

$$v=15\text{-м/с};$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання[1]

Пропагатор

Норма задачі дріжджів на процес головного бродіння складає 0,5-1% від об'єму холодного сусла, відповідно на 1 ЦКБА необхідно $2,15\text{ м}^3$ дріжджів.

Для розведення чистої культури дріжджів (ЧКД) приймаємо до встановлення пропагатор виробництва німецької фірми «KHS» .

Технічна характеристика пропагатора

Об'єм, м^3	
повний	16,9
робочий	14,2
Габаритні розміри, мм	
висота циліндричної частини	2500
висота	3850
висота конічної частини	1350
діаметр	2500
Тиск, бар	5-4,5
Тиск в сорочці, бар	2
Площа поверхні охолодження, м^2	708
Маса, кг	

Насос аераційний

Так як вміст пропагатора повинен бути перекачаний за 30хв, то продуктивність насосу повинна бути:

$$14,2 \cdot 60 / 30 = 28,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

До встановлення приймаємо насос марки Я9-0НЦ-1

Технічна характеристика

Подача, $\text{м}^3/\text{год}$	30
---------------------------------	----

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Напір, м	30
Потужність електродвигуна, кВт	5,5

Стерилізатор

Для стерилізації сусла приймаємо стерилізатор виробництва німецької фірми «KHS» по даним заводу ДП ПАТ «Оболонь», «Пивоварня Зіберта».

Технічна характеристика стерилізатора

Об'єм, м ³	
повний	9,8
робочий	8,4
Габаритні розміри, мм	
висота	3200
діаметр	2000
висота конічної частини	1000
Тиск, бар	0,5
Тиск в сорочці, бар	2
Температура в сорочці, °С	-4
Температура, °С	13-102

Збірник для зберігання засівних та надлишкових дріжджів.

Місткість збірників розраховують, виходячи із річної кількості дріжджів.

$$781200+520800=1302000 \text{ дм}^3$$

При роботі бродильного відділення 11,33 місяців за рік і 29,8 діб в місяць (338 діб) добова кількість засівних дріжджів становить (при умові, що половина кількості використовується в якості засівних, а половина – в якості надлишкових):

$$1302000/338=3852,1 \text{ дм}^3$$

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

По даним заводу ДП ПАТ «Оболонь», «Пивоварня Зіберта» дріжджі зберігаються без промивання водою, під тиском. У дріжджовому відділенні приймаємо приймаємо на зберігання 2 – добовий запас засівних дріжджів:

$$3852,1 \cdot 2 = 7704,2 \text{ дм}^3$$

До встановлення приймаємо збірник геометричним об'ємом $5,4 \text{ м}^3$ (по даним заводу ДП ПАТ «Оболонь», «Пивоварня Зіберта»).

Кількість збірників для засівних дріжджів становить:

$$7704,2 / 5400 = 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо до встановлення 2 збірника для засівних дріжджів та 2 збірника для надлишкових дріжджів такої ж місткості виробництва німецької фірми «Holvrieka» по даним заводу ДП ПАТ «Оболонь», «Пивоварня Зіберта».

Аераційний насос. Так як корисна місткість збірника 4590 дм^3 , то аерація здійснюється протягом 15 хв. продуктивність повинна бути:

$$4590 \cdot 60 / 15 = 18360 \text{ дм}^3 / \text{год}$$

До встановлення приймаємо насос марки ОНЦЕ-25/32-55А

Технічна характеристика

Подача, $\text{м}^3 / \text{год}$	25
Напір, м	32
Потужність електродвигуна, кВт	5,5

Насос для подачі пива на фільтрацію

Продуктивність насосу визначається в найбільш напружений період роботи заводу. При роботі фільтраційного відділення 11,33 місяців за рік і 21 добу в місяць (або 238 діб) в дві зміни по 12 годин.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Тоді кількість пива, яке подається на фільтрацію:

$$G_H = G_{MH} / 238 \cdot 12 \cdot 2 = 8,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

G_{MH} – кількість товарного пива, передбачена завданням;

Приймаємо до встановлення 1 насос марки ОНЦЕ – 25/32 – 55А по даним заводу ДП ПАТ «Оболонь», «Пивоварня Зіберта».

Технічна характеристика насосу

ОНЦЕ – 25/32 – 55А

Подача, м ³ /год	25
Напір, м	32
Потужність електродвигуна, кВт	5,5

4.2.5. Фільтр для пива

Для фільтрації 1000 л/год пива приймаємо 1 фільтр кізельгурний марки KHS – 500.

Технічна характеристика

Потужність фільтрації, гл/год	500
Об'єм резервуару фільтра, л	7950
Робочий тиск резервуара, бар	7
Змішуюча ємність, л	500
Габаритні розміри, мм	
довжина	5000
ширина	3150
висота	4050
Робоча маса фільтра, кг	11500
Максимальна кількість кізельгуру, кг	700
Кількість свічок, шт.	725

Карбонізатор

Для можливості одночасного насичення пива діоксидом вуглецю встановлюємо 4-х колонний карбонізатор марки ВКП продуктивністю 300

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

дал/год. Робочий тиск 0,2 МПа, габаритні розміри 980x500x1420 мм, маса – 62 кг.

4.2.7. Шпунт – апарати

Кількість шпунт-апаратів приймаємо в залежності від кількості ЦКБА.
Приймаємо до встановлення шпунт-апарати марки ГГ-2 в кількості 6 штук.

Технічна характеристика

Межі регулювання тиску, МПа	0,02-0,08
Точність вимірювання, МПа	0,005
Габаритні розміри, мм	
довжина	153
ширина	120
висота	96
Маса, кг	0,75

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

3 РОЗРАХУНОК АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ І ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

3.1 Визначення товщини стінки апарата і кришки[9]

Прибавка на корозію в даному випадку рівна нулю, так як використовується нержавіюча сталь 12Х18Н10Т: С=0

Коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi=0,9$ для стикових з двохстороннім проварюванням.

Допустиме напруження для матеріалу (сталь 12Х18Н10Т) циліндричної стінки, царг колони і еліптичної кришки при 20°C

$$[\sigma]_{20}=184 \text{ МПа}$$

Розрахункове значення межі текучості для сталі 12Х18Н10Т

$$\sigma_{T20}=276 \text{ МПа.}$$

Пробний тиск при гідро випробуванні

$$p_v = \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot p [\sigma]_{20} / [\sigma] = 0,2 \text{ МПа} \\ 1,5 \cdot 0,04 = 0,06 \text{ МПа} \end{array} \right\} = 0,2 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

Розрахункова (номінальна) товщина стінки апарата знаходиться по формулі

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} pD / (2\varphi[\sigma] - p) \\ p_v D / (2\varphi[\sigma]_v - p_v) \end{array} \right\},$$
$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,06 \cdot 5600 / (2 \cdot 0,9 \cdot 184 - 0,06) = 1,01 \\ 0,2 \cdot 5600 / (2 \cdot 0,9 \cdot 184 - 0,2) = 3,35 \end{array} \right\} = 3,35 \text{ мм}; \quad (3.2)$$

де, D-внутрішній діаметр апарата мм;

Виконуюча товщина листа для корпусу апарата

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$S \geq S_p + c = 3,35 + 0 = 3,35 \text{ мм} \quad (3.3)$$

На основі отриманих результатів приймаємо товщину циліндричної обичайки з урахуванням стійкості при виготовленні $S=4,5\text{мм}$.

Перевіряємо умову використання формул безмоментної теорії

$$\begin{aligned} (S - c) / D &\leq 0,1 \\ (4,5 - 0) / 5600 &= 0,8 \cdot 10^{-3} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Що менше 0,1-умова використання формул виконується.

Допустимий внутрішній тиск для обичайки корпуса колони

При товщині $S=4,5\text{мм}$ знаходимо по формулі:

- в робочих умовах

$$p_v = \frac{2[\sigma]\varphi(S-c)}{D+(S-c)} = \frac{2 \cdot 184 \cdot 0,9(4,5-0)}{5600+(4,5-0)} = 0,27 \text{ МПа} \quad (3.5)$$

Розрахунок товщини стінки днища, кришки апарата.

Знаходимо товщину днища апарата.

Приймаємо $H=0,25D$, якого розрахунковий параметр $D=5600\text{мм}$.

Розрахунковий параметр днища визначаємо за формулою

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} pD / (2\varphi[\sigma] - 0,5p) \\ p_v D / (2\varphi[\sigma]_v - 0,5p_v) \end{array} \right\},$$

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,06 \cdot 5600 / (2 \cdot 0,9 \cdot 184 - 0,5 \cdot 0,06) = 1,01 \\ 0,2 \cdot 5600 / (2 \cdot 0,9 \cdot 184 - 0,5 \cdot 0,2) = 3,34 \end{array} \right\} = 3,34 \text{ мм}; \quad (3.6)$$

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Виконуюча товщина листа для днища по формулі

$$S \geq S_p + c = 3,34 + 0 = 3,34 \text{ мм} \quad (3.7)$$

Остаточно приймаємо товщину конічного днища $S=4,5$ мм.

Визначаємо допустимий тиск для конічного днища в робочих умовах

$$[p_1] = \frac{2[\sigma]\varphi(S_1 - c)}{D + (S_1 - c)} = \frac{2 \cdot 184 \cdot 0,9(4,5 - 0)}{5600 + 0,5(4,5 - 0)} = 0,27 \text{ МПа} \quad (3.8)$$

Перевіряємо умову використання формул

$$\begin{aligned} (S - c) / D &\leq 0,1 \\ (4,5 - 0) / 5600 &= 0,8 \cdot 10^{-3} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Що менше 0,1-умова використання формул виконується.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання.[9]

Внутрішній діаметр патрубку $D=600$ мм;

Товщина обичайки $8=10$ 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 $\phi=1$.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Конструктивні розміри фланця. Товщину втулки прийм

Матеріал болтів - сталь 35.

ята $S_0 = 12$ мм, що задовольняє умови: $S < S_0 < 1.3 \times S$ 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:

$$S_1 = \beta_1 \times S_0 \text{ мм}, \quad (3.10)$$

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

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

Высота втулки:

$$h_B \geq \beta_1 \times (S_1 - S_0) \text{ (мм)}, \quad (3.11)$$

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

Приймаємо $h_B = 45$ мм

Эквивалентна товщина втулки фланця:

$$S_{\text{эк}} = S_0 \left[1 + \frac{h_B (\beta_1 - 1)}{h_B + 0.25 \times (\beta_1 + 1) \times D \times S_0} \right] \text{ мм}, \quad (3.12)$$

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

45 (2,2-1)

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

Діаметр болтового кола

$$D_{\sigma} \geq D + 2 \times (S_1 + d_{\sigma} + \text{и}) \text{ мм,} \quad (3.13)$$

где и = 6 мм; $d_{\sigma} = 20$ мм при $Pp = 1.25$ МПа и $D = 600$ мм

$$D_{\sigma} \geq 600 + 2 \times (26,4 + 20 + 6) = 704,8 \text{ мм,}$$

Приймаємо $D_{\sigma} = 720$ мм..

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_{\text{н}} \geq D_{\sigma} + a \text{ мм,} \quad (3.14)$$

де $a = 40$ мм; для шестигранних гайок М20

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

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{\text{н.п}} = D_{\sigma} - e \text{ мм,} \quad (3.15)$$

де $e = 30$ мм, для плоских прокладок при $d_{\sigma} = 20$ мм

$$D_{\text{н.п}} = 720 - 20 = 700$$

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Середній діаметр прокладки

$$D_{с.п} = D_{н.п} - b \text{ мм} \quad (3.16)$$

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

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

Кількість болтів:

$$n_b \geq \frac{\pi \times D_b}{t_{ш}} \text{ шт.} \quad (3.17)$$

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

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

Висота (товщина) фланця:

$$h_{\phi} \geq \lambda_{\phi} \times D \times S_{эк} \text{ мм,} \quad (3.18)$$

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

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

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

(орієнтовно)

$$l_{б.о} \sim 2(h_{\phi} + h_n) \text{ мм,} \quad (3.19)$$

де $h_n = 2$ мм - висота (товщина) стандартної прокладки.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

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

Навантаження, що діють на фланець. Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$F_d = P_p \times \pi \times D_{с.п}^2 / 4 \text{ МН}, \quad (3.20)$$

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

Реакція прокладки:

$$R_{п} = \pi \times D_{с.п} \times b_0 \times k_{пр} P_p \text{ МН}, \quad (3.21)$$

де $k_{пр} = 2.5$ - для пароніму

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

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

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

$u_{б}, u_{п}, u_{ф}$ - податливості, відповідно болтів прокладки, фланців:

$$u_{б} = \frac{l_{б}}{E_{б} \times f_{б} \times n_{б}} \text{ м/МН}, \quad (3.22)$$

де $l_{б} = l_{б.о} + 0.28 \times d_{б} = 88 + 0.28 \times 20 = 93.6 \text{ мм}$ – розрахункова довжина болта,

$$y_6 = \frac{93.6 \times 10^{-3}}{19 \times 10^5 \times 109 \times 10^4 \times 44} = 8.49 \times 10^{-6} \text{ м/МН}$$

$$y_{\pi} = \frac{h_{\pi}}{E_{\pi} \times \pi \times D_{c.\pi} \times b} \text{ м/МН} \quad (3.23)$$

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

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

$$y_{\phi} = [1 - \nu (1 + 0.9 \times \lambda_{\phi})] \times \Psi_2 / (h_{\phi}^3 \times E) \text{ м/МН} \quad (3.24)$$

$$\text{де: } \lambda_{\phi}' = \frac{h_{\phi}}{D \times S_{\text{эк}}} = \frac{0.042}{0.6 \times 21.42 \times 10^{-3}} = 0.376, \quad (3.25)$$

$$\Psi_2 = \frac{(D_H + D)}{(D_H - D)} = \frac{(670 + 600)}{(670 - 600)} = 18.14, \quad (3.26)$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0.9 \times \lambda_{\phi} (1 + (\Psi_1 \times h_{\phi}^2 / S_{\text{эк}}^2))} \quad (3.27)$$

$$\text{где } \Psi_1 = 1.28 \times \lg \frac{D_n}{D} = 1.28 \times \lg \frac{0.67}{0.6} = 0.087 \quad (3.28)$$

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

$E = 2 \times 10^5$ 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

$$k_{ж} = \frac{y_\phi + 0.5 \times y_\phi \times (D_\phi - D - S_{эк}) \times (D_\phi - D_{с.п})}{y_n + y_\phi + 0.5 \times y_\phi \times (D_\phi - D_{с.п})^2} \quad (3.29)$$

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

Болтова нагрузка в умовах монтажу до подачі внутрішнього тиску:

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$F_{\text{б1}} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{ж}} \times F_{\text{д}} + R_{\text{п}} \\ 0.5 \times D_{\text{сп}} \times b_0 \times p_{\text{пр}} \end{array} \right\} \text{ МН,} \quad (3.30)$$

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

$$F_{\text{б1}} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.468 \times 0.45 \times 0.113 = 0.32 \\ 0.5 \times 0.68 \times 16.9 \times 10^{-3} \times 20 = 0.11 \end{array} \right\} = 0.32 \text{ МН.}$$

Болтове навантаження в робочих умовах:

$$F_{\text{б2}} = F_{\text{б1}} + (1 - k_{\text{ж}}) \times F_{\text{д}} + F_{\text{т}} \text{ МН,} \quad (3.31)$$

$F_{\text{б2}} = 0.32 + (1 - 0.468) \times 0.45 + 0 = 0.56 \text{ МН}$. Приведений вигинаючий
МОМЕНТ

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.5 \times (D_{\text{б}} - D_{\text{сп}}) \times F_{\text{б1}} \\ 0.5 \times [(D_{\text{б}} - D_{\text{сп}}) \times F_{\text{б2}} + (D_{\text{сп}} - D - S_{\text{ж}}) \times F_{\text{д}}] \times \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \end{array} \right\}$$

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

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.5 \times (0.72 - 0.68) \times 0.32 = 0.0064 \\ 0.5 \times [(0.72 - 0.68) \times 0.56 + (0.68 - 0.6 - 0.02142) \times 0.45] \times \frac{170}{146} = \\ = 0.100 \text{ МН} \times \text{м.} \end{array} \right.$$

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Перевірка міцності і герметичності з'єднання. Умови міцності болтів

$$\frac{F_{\text{б1}}}{n_{\text{б}} \times f_{\text{б}}} < [\sigma]_{\text{б20}} \text{ МПа}, \quad (3.32)$$

$$\frac{F_{\text{б}}}{n_{\text{б}} \times f_{\text{б}}} < [\sigma]_{\text{б}} \text{ МПа} \quad (3.33)$$

де $[\sigma]_{\text{б20}} = 130 \text{ МПа}$, $[\sigma]_{\text{б}} = 113,5 \text{ МПа}$ - 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

$$\frac{F_{\text{бmax}}}{\pi \times D_{\text{с.п}} \times b} < [p_{\text{пр}}] \quad (3.34)$$

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

$$F_{\text{бmax}} = \max\{F_{\text{б1}}; F_{\text{б2}}\} = \max\{0.32; 0.56\} = 0.56 \text{ МН}, \quad (3.35)$$

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

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:

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

3.3 Розрахунок опори апарата [10]

Вертикальні апарати найчастіше встановлюють на стійках (циліндричних або конічних).

Висота циліндричної опори повина бути не менше 600 мм , в нашому случає випадку 5495мм.

Подбір здійснюють по мінімальних або максимальних напругах на опори.

Мінімальні напруги — сила від маси самого апарата.

$$Q_{\min} = M_a g ; \text{Н} \quad (3.39)$$

де M_a — маса пустого апарата ;кг

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ — прискорення земного тяжіння.

$$M_a = (V_\text{ц} + V_\text{д} + V_\text{к}) \rho_a ; \text{кг} \quad (3.40)$$

где: $V_\text{ц}$ — где: $V_\text{ц}$ — об'єм матеріала циліндричної частини апарата;

V_d — об'єм матеріала днища;

V_k — об'єм матеріала кришки ;

$\rho_a = 7850 \text{ кг/м}^3$ — густина матеріала апарата;

$$V_{ц} = \left[\frac{\pi(D+2S)^2}{4} - \frac{\pi D^2}{4} \right] H ; \quad (3.41)$$

де D — діаметр апарата ; м

S — товщина стінки апарата; м

H — висота апарата; м

$$V_{ц} = \left[\frac{3.14(4.9+0.01 \times 2)^2}{4} - 4.9^2 \right] \times 14.1 = \frac{3.14 \times 0.1964 \times 14.1}{4} = 2.17 \text{ м}^3$$

$$V_d = \frac{1}{3} \left[\frac{\pi(D+2S)^2}{4} - \frac{\pi D^2}{4} \right] h_R = \frac{1 \times 3.14}{3 \times 4} [(4.9+0.01 \times 2)^2 - 4.9^2] \times 3.0 = 0.154 \text{ м}^3 . \quad (3.42)$$

$$V_k = \pi [H_R + S)^2 (R + S - \frac{H_k + S}{3}) - H_k^2 (R - \frac{H_k}{3})]; \text{ м.} \quad (3.43)$$

де H_k — висота сферичної кришки ; м

R — радіус сферичної кришки; м

$$V_k = 3.14 \left[\left(\frac{1.006+0.01}{1.032} \right)^2 (4.9+0.01) - \frac{1.006+0.01}{3} - 1.006^2 (4.9 - \frac{1.006}{3}) \right] =$$

$$= 3.14 (4.699 - 4.592) = 0.336 \text{ м}^3.$$

Таким чином маса пустого апарата складає:

$$M_a = (2.17+0.154+0.336) \times 7850 = 20881 \text{ кг.}$$

При этом

$$Q_{\min} = 20881 \times 9.8 = 204633.8 \text{ Н} = 0.205 \text{ МН.}$$

Максимальна напруга з врахуванням маси технологічної рідини.

При цьому :

$$M_p = V_p \times \varphi \times \rho_p ; \text{ кг.} \quad (3.44)$$

де V_p — корисний об'єм апарата; м^3

ρ_p — 1078 $\text{кг}/\text{м}^3$ — густина сусли $\text{кг}/\text{м}^3$.

$\varphi = 0.85$ — коефіцієнт заповнення апарата;

$$M_p = 300 \times 0.85 \times 1078 = 274890 \text{ кг.}$$

Таким чином:

$$Q_{\max} = Q_{\min} + M_p g = 0.205 \times 10^6 + 274890 \times 9.8 = 2.9 \text{ МН.} \quad (3.45)$$

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Перевіряємо міцність зварного шва в місцях з'єднання корпусу з обечайкою опори:

$$G = \frac{Q_{\max}}{\pi \times D a_1} \leq \varphi \min \{ [\theta]_0 ; [\theta]_к \} \quad (3.46)$$

де: $a_1 = 0.007$ м — розрахункова товщина зварного шва;

$[\theta]_0 ; [\theta]_к$ — допустима напруга матеріала опори и колони;

$\varphi = 0.7$ — коефіцієнт міцності зварного шва;

$[\theta]_0 = 136$ МПа для сталі В. Ст 3

$[\theta]_к = 155$ МПа для сталі 12Х18Т10Т

$$G = \frac{3.14 \times 4.9 \times 0.007}{\pi \times 4.9 \times 0.007} = 26.93 \text{ Ма} < 0.7 \times 136 = 95.2 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

4.1 Монтаж розробленого апарата[11]

Готові танки укладають на дерев'яні ложементи і сталеві швелери і відвантажують замовнику водним шляхом або автотранспортом.

При установці ЦКТ на вулиці величезне значення набуває якісна теплоізоляція ємності. Кращою ізоляцією для ЦКТ сьогодні справедливо вважається спінений поліуретан. Головним його недоліком є гігроскопічність - здатність вбирати вологу. При попаданні в поліуретан води ізоляція геть втрачає свої теплозахисні функції. Тому зовні вона захищається герметичній пароізоляцією, в якості якої виступає поліетиленова плівка, звичайна чи металізована, з облицюванням з листової нержавійки, оцинкованого заліза або алюмінію. Поліуретанова ізоляція наноситься на ЦКТ, як правило, заводом-виробником. Винятком є випадки, коли ЦКТ збирається безпосередньо на території пивоварні (через габаритно-транспортних проблем). Також поліуретанова ізоляція може наноситися на танк на пивзаводі у випадку ремонту ємності. Рідка поліуретанова піна заливається в проміжок між стінкою танка і зовнішньої облицюванням, товщина шару зазвичай становить 10-15 сантиметрів. Застигаючи, піна перетворюється на ефективну теплоізоляційну прокладку.

Під час нанесення ізоляції на ЦКТ в неї ні в якому разі не повинна потрапити вода. Після цього відновити ізолюючі властивості поліуретану вже неможливо. Небезпечна для поліуретану (як рідкого, так і застиглого) навіть природна вогкість або водяна пара. У зв'язку з цим захисне покриття на танку виконується герметичним. Досить будь-якого отвори або щілини в облицюванні, щоб у поліуретан почала потрапляти волога. У такому випадку ізоляція прослужить не більше 9-10 років, після чого її доведеться міняти (а це недешева операція).

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

із нержавіючої сталі марки 08х17Т безшовні, холодної тепло деформованої.

Для виготовлення опірних конструкцій технологічних трубопроводів використовують сталь Ст3.

Порядок виконання монтажу при одержанні обладнання в розібраному стані:

- перевіряємо комплектність;
- вивчаємо документацію;
- визначаємо місце встановлення;
- формування монтажної бригади в кількості не менше 4-х чоловік;
- виготовлення залізобетонного фундаменту;
- встановлюємо першу конічно-циліндричну царгу, за допомогою рівня перевіряємо її горизонтальність, потім другу і третю кришку;
- перевіряємо вертикальність і горизонтальність;
- закріплюємо змійовики;
- перевіряємо вертикальність і горизонтальність і вертикальність патрубків;
- під'єднуємо комунікації, перевіряємо щільність збірки;
- встановлюємо манометри в нижній і верхній частині апарата.

Набираємо ЦКБА водою та перевіряємо герметичність.

В трубопроводах зустрічаються в основному два види несправностей:

- порушення герметичності, в результаті чого виходе потік рідини, повітря чи газу;
- поломка окремих деталей трубопроводу, фланців, муфт, шпильок, гайок.

Герметичність частіше всього порушується в містах з'єднання труб, в кранах і т.д. в деяких випадках появляється також щілини в шовних трубах в результаті високого тиску.

Ремонт тріщин в трубопроводах проводиться з допомогою заварювання.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Якщо труба пропускає рідину в багатьох містах її краще замінити на нову. Заміняють також трубу з тріщинами, що працюють під великим тиском, або знаходяться під дією роз'їдаючих речовин, або високої температури.

В містах з'єднання труб протікання видаляють підтягуванням фланців, муфт або заміною ущільнювача.

При ремонті арматури проводять :

- очистку внутрішніх поверхонь, сальникових коробок і фланців від накипу, пригорання і бруду;
- притирку і при необхідності заміну ущільнюючих поверхонь, клапанів і сідел;
- заміну сальникових ущільнювачів.

Для очистки деталі опускають на 5-8 год. в ванну з 10%розчином соляної кислоти, потім їх промивають чистою водою, чистять металеві щіткою і протирають насухо.

Притирку клапанів і пробок до їх гнізд проводять:

- а) безпосередньо притиркою робочих поверхонь однієї до другої;
- б) роздільною притиркою клапанів на плитках-притирках і сідел на спеціальних притирках з обов'язковою перевіркою і додатковою в парі.

Для притирки ущільнюючої арматури рекомендується користуватися пастами ГОИ та шліфувальними порошками. В якості мастильних засобів при притирці використовують керосин.

Сальникове ущільнення закладають в невеликих вентилях спіралевидно, в більш крупних в вигляді окремих кілець. Між кільцями насипають шар (3-5 мм) графітного порошку.

Монтажні роботи слід виконувати у відповідності до технічних вимог, проектної робочої документації - креслень КМ, КМД; проектно-технологічної документації - проектів організації будівництва (ПОБ); проектів виконання робіт з монтажу металевих конструкцій (ПВР), до складу яких можуть додатково входити технологічні карти (схеми) на види робіт.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Дані про виконання будівельно-монтажних робіт в процесі їх виконання заносяться до журналів робіт за формами довідкових додатків А, Б, В, Г, Д ДБН А.3.1-5:

- а) з монтажу будівельних конструкцій;
- б) зварювальних робіт;
- в) антикорозійного захисту зварних з'єднань;
- г) замонолічування монтажних стиків і вузлів;
- д) виконання монтажних з'єднань на болтах з контрольованим натягом, а також фіксуються фактичні положення змонтованих конструкцій на геодезичних виконавчих схемах.

Гідравлічне випробування Циліндро-конічних апаратів, як правило, проводять одночасно на міцність і герметичність при позитивній температурі навколишнього повітря, зазвичай не нижче 5 ° С.

Процес гідравлічного випробування складається з наступних операцій:

- Заповнення апарату водою, при цьому клапани тримають відкритими;
- Огляд апарату при заповненні водою з метою виявлення течі через тріщини і нещільності у з'єднаннях;
- Спуск води і усунення виявлених дефектів;
- Вторинне заповнення апарату водою і поступовий підйом тиску до робочого, передбаченого робочою документацією і повторний огляд;
- Підйом тиску до випробувального та витримка при цьому тиску протягом 20 хв (випробування на міцність);
- Зниження тиску до робочого і остаточний огляд апарату з легким обстукуванням зварних швів на відстані 15 ... 20мм по обидва боки шва молотком масою не більше 1,5 кг (випробування на герметичність).

Апарат вважається витримали гідравлічне випробування на міцність і герметичність, якщо під час випробувань не відбулося падіння тиску по манометру та не виявлено течі в зварних швах, фланцевих з'єднаннях,

на корпусах і сальниках арматури, деталей трубопроводів, немає ознак розривів і видимих залишкових деформацій.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

4.2 Ремонт апарата[11]

Для підтримання обладнання в робочому стані потрібний систематичний догляд за ним, його своєчасний і високоякісний ремонт. Цей ремонт повинен не тільки відновлювати продуктивність обладнання, а і забезпечувати довгострокову і безперебійну його роботу.

В харчовій промисловості затвердилась система планово-попереджувального ремонту (ППР), яка захвачує все коло міроприємств необхідних для підтримання обладнання в робочому стані.

Технологічне обслуговування включає проведення ряду міроприємств, які забезпечують стан обладнання в постійній експлуатаційній готовності: коженденну і систематичну перевірку його стану: очистку, змазку, регулювання і усунення малих несправностей.

Поточним ремонтом називається ремонт, при якому відновлюється працездатність і стан головним чином зовнішніх частин обладнання шляхом ремонту. Регулювання або їх заміни.

Середнім ремонтом називається ремонт, для виконання якого потребується більш детальна розробка обладнання.

Капітальним ремонтом називається ремонт, при якому обладнання повністю відновлюється, а його продуктивність і експлуатаційні характеристики відповідають технічним умовам на нове або відремонтоване обладнання.

Виготовлення ЦКТ - складний виробничий процес, що включає в себе безліч операцій, таких як розкочування рулонного матеріалу, розрізання, стикування, вирівнювання листів, зварювання, шліфування, розкочування заготовок, штампування відбортовок конусів і кришок, скручування конусів, шліфування, складання обичайки, виготовлення опорної юбки, зварювання між собою окремих частин танка, монтаж сегментних сорочок охолодження, труб для підведення і відведення холодоагенту, діоксиду вуглецю, дренажних труб,

Гнізд для підключення датчиків температури, рівня та ін, захисних труб для					Лист
XI.Б.00.00.00 ПЗ					71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

електрокабеля.

Ізолювання танків проводиться, як правило, в горизонтальному положенні. ЦКТ для додаткового захисту від корозії фарбують, встановлюють на ньому дистанційні прокладки з пінополіуретану, монтують листи облицювання і заповнюють простір, що утворився піною поліуретану з низьким вмістом хлоридів (хлориди з часом призводять до корозії хромо-нікелевої сталі). Горизонтальний метод ізолювання танків дозволяє робітнику візуально повністю контролювати якість заливки так, щоб не утворювалося повітряних пробок. Як облицювання знаходить застосування трапецієподібні листи з алюмінію з пластиковим покриттям або без покриття, рідше з нержавіючої сталі. Облицювання конуса в стандартному виконанні виготовляється з герметично звареної листової нержавіючої сталі. Таке виконання рекомендується для того, щоб в довгостроковому плані виключити можливість потрапляння вологи під ізоляцію при зовнішній мийці конусів в зоні обслуговування.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

труда» і факторів технічного та організаційного рівня на робочому місці апаратника процесу бродіння наявні три фактори I ступеня шкідливості:

1. шкідливі речовини (луги):

нормативне значення – 0,5 мг/м³

фактичне значення – 0,72 мг/м³, що перевищує норму в 1,44 рази.

Згідно «Критеріїв оцінки елементів умов праці» цей фактор має 4 бали.

2. мікроклімат у приміщенні:

нормоване значення температури – 18 – 20 °С;

17-23 °С

дійсне значення 6 – 10 °С

Згідно «Критеріїв оцінки елементів умов праці» цей фактор має 3 бали.

3. важкість праці:

1) робоча поза: перебування в нахиленому положенні до 30° – 37,3 м%;

2) нахил тулуба, разів:

236 (при нормі 100)

Згідно «Критеріїв оцінки елементів умов праці» цей фактор має 4 бали.

Визначається тривалість дії перелічених факторів, % за зміну:

1. 98% $x_1 = 4 \cdot 0,98 = 3,92$ бали

2. 53% $x_2 = 3 \cdot 0,53 = 1,58$ бали

3. 37,3 $x_3 = 4 \cdot 0,37 = 1,5$ бали

На основі отриманих даних розраховуємо інтегральну бальну оцінку:

$$I_{np} = \left[X_{визн} + \sum X_i \cdot \frac{6 - X_{визн}}{(n-1) \cdot 6} \right] \cdot 10 \quad (5.1.)$$

$$I_{np} = \left[3,92 + 3,08 \cdot \frac{2,08}{2 \cdot 6} \right] \cdot 10 = 44,5 \text{ бали}$$

										Лист
										76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- додержуйтеся вимог особистої гігієни.
- Працівник має право відмовитися від дорученої йому роботи, якщо створилася виробнича ситуація небезпечна для життя чи здоров'я, або для людей, які його оточують і навколишнього середовища.
- Працівник повинен вивчити правила користування первинними засобами пожежогасіння та протипожежним інвентарем, знати місце їх розташування.
- За порушення вимог інструкції підприємства працівник притягається до відповідальності згідно із законодавством України.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

- надягніть передбачений нормами спецодяг;
- ознайомтеся із зауваженнями та пропозиціями попередньої зміни щодо виникнення технічного стану устаткування по записах у змінному журналі;
- увімкніть припливно-витяжну вентиляцію;
- перевірте наявність і справність зв'язку із взаємопов'язаними за технологічним процесом виробничими дільницями;
- огляньте площадки обслуговування, сходи. Підлога має бути неслизька, проходи до устаткування вільні;

Візуально огляньте циліндро-конічний бродильний апарат і перевірте:

- стан теплоізоляції устаткування;
- герметичність підвідної апаратури;
- наявність, справність та надійність кріплення манометрів та інших контрольно-вимірювальних приладів.

Манометри не допускаються до застосування у таких випадках:

- якщо прострочений термін їх перевірки;
- відсутня пломба або клеймо;
- є розбите скло або інші пошкодження, що можуть позначитися на вірності його показів.

					XI.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

3. Вимоги безпеки під час роботи

- перед заповненням апарату переконайтеся у відсутності всередині нього сторонніх предметів і людей;
- заповнення об'єму апарату проводиться до встановленої місткості;
- постійно слідкуйте за показами манометрів; не допускайте підвищення тиску вище дозволеного робочого, позначеного червоною рисою або стрілкою;
- слідкуйте за правильним веденням технологічного процесу в апараті згідно інструкцій;
- слідкуйте за веденням процесу доброджування суслу;
- при необхідності виконання робіт всередині апарату дотримуйтеся вимог інструкції для оброблювачів технологічних ємкостей.

4. Вимоги після закінчення роботи

- упорядкуйте устаткування, приберіть робоче місце;
- приберіть пристосування у відведене для них місце;
- повідомте наступну зміну про всі недоліки та несправності, що мали місце під час роботи;ї
- зробіть необхідний запис в журналі прийому здачі зміни.

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

ВИСНОВКИ

При проектуванні розроблений циліндро-конічний апарат для зброджування пивного сусла і отримання молодого пива .

Проведено конструктивні розрахунки , визначений гідравлічний опір апарата.

Розрахунками на міцність підтверджена працездатність апарату.

Матеріал ((нержавіюча сталь марки 12Х18Н10Т), якого виготовлені секції апарата,є найбільш корозостійким до процесу бродіння , що дозволяє уникнути витрат на відповідні ремонтні роботи.

В кваліфікаційній роботі проведений аналіз небезпечних і шкідливих факторів та вказані способи їх усунення .

Результатом проекту є циліндро-конічний апарат для зброджування пивного сусла і отримання молодого пива .

					ХІ.Б.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

ЛІТЕРАТУРА

1. Балашов В. Е. Оборудование предприятий по производству пива и безалкогольных напитков. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.-248 с.
2. Николаев Л. К. Теплообменные аппараты бродильной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1973.-165 с.
3. Балашов В. Е. Дипломное проектирование предприятий по производству пива и безалкогольных напитков. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.-288 с.
4. Зайчик Ц. Р. Оборудование предприятий винодельной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1968.-372 с.
5. Попов В. И. Примеры расчетов по курсу технологического оборудования предприятий бродильной промышленности, 1960.-147 с.
6. Тищенко Г.П., Степанец И.Ф. Охрана труда в пивобезалкогольной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1986. – 144с.
7. Домарецкий В.А. Технологія солоду та пива. – К.: Урожай, 1999. – 544 с.
8. Малежик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування-К.,НУХТ,2012.- 543 с.
- 9.Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л., Машиностроение, 1970.- 752 с.
10. О.Г.Лунин, В.Н.Вельтешев. Теплообменные аппараты пищевых производств. Москва ВО"Агропромиздат"1987.
- 11.Фарамазов В.Н. Ремонт и монтаж химического и нефтеперерабатывающего оборудования: -М.: Химия, 1985.-246с.