

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 уварювання сиропу і кристалізації цукру.

Розробити вакуум-апарат другого продукту.

Виконав:

студент групи ХМдн-74чк

Ємець Михайло Олександрович

_____ 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 2021

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-74чк Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Ємцю Михайлу Олександровичу

1 Тема роботи: Відділення уварювання сиропу і кристалізації цукру. Розробити вакуум-апарат другого продукту.

2 Вихідні дані: Розробити вакуум-апарат другого продукту. Продуктивність відділення становить 9000 тонн перероблюваного буряка на добу . початковий вміст сухих речовин вцукровому сиропі 67 % мас.; кінцевий – в цукровому утфелі 93%мас.

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

- 1. Технологічна схема сушильної установки жому – 1,0 арк.
- 2. Складальне креслення сушарки жому – 1,0 арк.
- 3. Складальне креслення сушильного барабана – 1,0 арк.
- 4 Складальне креслення ролика опорного – 1,0 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. Гребенюк С.М.. Технологическое оборудование сахарных заводов-Москва :Легкая и пищевая промышленность ,1983-520с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

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

6 Дата видачі завдання

жовтень 2020 р.

Керівник

підпис

ст.викл. Корнієнко В.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с., рис., табл., додатки, джерел.

Графічні матеріали: всього листа А1, в том числі: технологічна схема установки, складальне креслення вакуум-апарата, гріючої камери.

Тема проекту: «Відділення уварювання сиропу і кристалізації цукру. Розробити вакуум-апарат другого продукту».

Наведені теоретичні основи і особливості процесу варки утфелю, обґрунтований вибір технологічної схеми виробництва.

Виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, технологічні розрахунки вакуум-апарата, визначені його конструктивні розміри, гідравлічний опір, обґрунтований вибір матеріалів для виготовлення апарата, проведені розрахунки на міцність.

Приведені методи монтажу і ремонту апарата.

В розділі з охорони праці приведені вихідні методи монтажу та ремонту.

Креслення додаються.

Ключові слова: СІК БУРЯКОВИЙ, СИРОП ЦУКРОВИЙ, УТФЕЛЬ, КРИСТАЛ, РЕШТКА КРИСТАЛІЧНА, РЕШТКА ТРУБЧАСТА, КАМЕРА ГРІЮЧА, РОЗРАХУНОК, ГУСТИНА, ЦУКОР-ПІСОК.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Технологічна частина	
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	7
1.2 Теоретичні основи процесу.....	8
1.3 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.....	14
2. Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1. Матеріальний та тепловий баланси.....	17
2.2. Технологічні розрахунки.....	19
2.3. Конструктивні розрахунки апарата.....	23
2.4. Гідравлічний опір апарата.....	26
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	29
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1. Визначення товщини стінки апарата і кришки.....	31
3.2. Розрахунок фланцевого з'єднання.....	33
3.3. Розрахунок опори апарата.....	41
4. Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	47
4.2 Ремонт апарата.....	51
5. Охорона праці.....	56
Висновки.....	62
Список літератури.....	63
Додаток Б - Специфікації	

					ПОХНВ.В.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Емець				Відділення уварювання сиропу і кристалізації цукру. Розробити вакуум-апарат другого продукту.	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	КОРНІЄНКО					4	63	
Н. контр.	КОРНІЄНКО				СумДУ, гр. ХМдн-74чк			
Затв.	СКЛАДІНСЬКИЙ							

Вступ[1]

Виробництво цукру в Україні є одним з пріоритетних напрямків у харчовій промисловості України.

Для виведення цукрової промисловості з кризи, стабільного забезпечення внутрішнього ринку цукром власного виробництва та поставки його на експорт необхідно вирішити ряд невідкладних питань. Перш за все, це оснащення підприємств досконалими високопродуктивними та автоматизованими технологічними лініями, обладнанням, устаткуванням на рівні кращих світових зразків, які спроможні забезпечити виробництво якісної продукції. Досягнення високих технічних показників у його роботі забезпечують добрі знання суті фізико – хімічних процесів, які відбуваються на різних стадіях виробництва, будови технологічного обладнання та прийомів раціональної його експлуатації. створення та забезпечення галузі високопродуктивним автоматизованим обладнанням; висока організація оптимального проведення технологічних процесів цукрового виробництва та поліпшення умов праці і охорони навколишнього довкілля.

Випуск високоякісної харчової продукції можливий лише за умови використання сучасних видів технологічного обладнання.

Так на цукрових заводах для покращення умов проходження процесу кристалізації намагаються періодичний процес уварювання утфелю замінити безперервним. Але так як безперервні процеси лише ще досліджуються і вони ще ніде не використовуються, то на підприємстві проводять реконструкцію обладнання замінюють більш продуктивним обладнанням.

Для уварювання утфелю використовуюся вакуум-апарати. На цукрових заводах сиропи потрапляють на уварювання, де з них додатково випаровується вода, при цьому розчин стає пересиченим і цукор виділяється у вигляді кристалів. Отриманий після уварювання продукт називається утфелем.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес уварювання сиропів здійснюється у вакуум-апаратах, які працюють під розрідженням, завдяки чому температура уварювання складає приблизно 75°C. Застосування низьких температур при уварюванні утфелів, які являють собою густу і в'язку суміш кристалів і міжкристалної рідини, запобігає інтенсивному розкладанню цукру. Низькі температури при уварюванні сприяють також підвищенню інтенсивності процесу випаровування води у вакуум-апаратах внаслідок збільшення корисної різниці температур між грючою парою і температурою киплячої маси в апараті.

Даною кваліфікаційною роботою передбачена розробка вакуум-апарата для уварювання утфелю 11 кристалізації.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва[4]

В даній схемі сироп після випарної станції поступає в збірник звідки надходить в колектор , де змішується з білою патокою з збірника, і потім надходить у вакуум-апарат першого продукту , де упарюється при температурі 70-75 °С і концентрації сухих речовин 92%-93%. Пар подається у вакуум-апарат з першого чи другого ступеня випарної станції. Не сконденсовані пари з парової камери вакуум-апарата відводяться на послідууючу стадію випарної станції, вторинна пара, що утворився при варці утфеля, направляється на конденсатор. Готовий утфель першої кристалізації спускають в приймальну утфелемішалку , де до нього добавляють воду температурою 75°С для зниження коефіцієнта перенасичення міжкристального розчину до 1,03-1,06.

Вивільнившись вакуум-апарат пропарюють паром із першого корпусу випарної установки і розчин, що утворився цукру (пропарки) приєднують до утфелю.

Із утфелемішалки утфель надходить через шестерінчастий насос до утфелемішалки і потім б центрифугу , де його фугують відбором двох відтік/в-білої патоки та зеленої патоки в результаті промивки кристалів цукру піску водою температурою 70-95° С. Цукор-пісок вологістю 0,8% вивантажують на подають на сушку.

Утфель центрифугують гарячим (70–75°С). При фугуванні відокремлюються 2 відтока. На першій стадії виділяється "зелена" патока I, яка прямує в збірник під центрифугою і перекачується в збірник перед вакуум-апаратами, для створення запасу зеленої патоки для уварювання утфеля II.

Після закінчення відділення зеленої патоки в ротор центрифуги подається гаряча артезіанська вода в кількості 3,0–3,5% від маси цукру, проводиться відбілювання цукру і виділяється II відтік утфеля I кристалізації, який прямує в збірку під центрифугами, а потім перекачується в збірку перед вакуум-апаратами,

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де створюється запас для уварювання утфеля II. Після відділення першого відмітку (зеленої патоки) , відфугований цукор пробілюють (при цьому утворюється другий відтік - біла патока) водою, перегрітою до температури 115-120°C. Різність відтоків повинна складати 5-7%. Білу патоку і зелену патоку направляють в збірник поз. 14 ,а потім на упарювання у вакуум-апараті 11 продукту поз. 1.Отримані вторинні пари направляють для конденсації в барометричний конденсатор поз.2 з метою створення у вакуум-апараті розрідження . Додаткова кристалізація охолодженням проводиться в мішалці –кристалізаторі поз.4 і через утфелерозподільувач поз.6 утфіль поступає в центрифуги 11продукту , де відбувається отримання цукру , що поступає на клерування в збірник поз.10 , а отримані відтоки на уварювання утфелю 111продукту.

1.2 Теоретичні основи процесу[1]

Кристалізаційне відділення цукрового заводу є одним з найважливіших, тому що від його роботи залежить не тільки вихід готової продукції, але й її якість. У кристалізаційному відділенні відбувається практично перекристалізація, яка, як відомо, є потужним засобом очищення речовини. Тому якість цукру в значній мірі залежить від того, в якій послідовності проводиться процес кристалізації, та з яких продуктів кристалізується цукроза і як ведеться процес кристалізації.

На сьогоднішній час відомо декілька способів покращання якості цукру, що можна застосувати в продуктовому відділенні:

- заведення кристалів на основі спеціальних паст;
- уварювання утфелів у в/а з перемішуючими пристроями;
- промивання цукру цукромістким розчином та водою;
- уварювання утфелів на кристалічній основі;
- отримання цукру-піску з утфеля, що уварювався тільки з клерівки жовтих цукрів.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В основі всіх перерахованих способів закладено принцип зменшення кількості та підвищення якості плівки маточного розчину на поверхні кристалів цукру. Зменшення кількості плівки можливо досягнути покращанням гранулометричного складу цукру, тобто отриманням більш крупних та однорідних кристалів, що мають меншу поверхню в порівнянні з дрібними або за рахунок більш повного відділення її шляхом використання афінації та пробілювання водою. Покращання якості плівки досягається шляхом використання для уварювання утфелів продуктів більш високої якості. Стратегічним напрямком є уварювання утфелі за понижених температур, коли розчинність цукрози менша. Необхідний для цього вакуум досягається шляхом підтримування температури барометричної води в конденсаторі для утфелі I та II кристалізації 50° С, а утфеля III кристалізації - 45° С.

Ще одним заходом, що сприяє зменшенню вмісту цукру в мелясі, є ретельний контроль за роботою центрифуг, особливо утфеля останньої кристалізації. Відомо, що при відхиленнях в роботі центрифуг чистота меляси може збільшитись на 0,3...2,0%. Головною причиною такого є прохід через сито дрібних кристаликів цукру. Експериментально встановлено, що через сито з комірками в 40 мкм проходить від 0,2 до 1,3% дрібних кристалів, а через сито з розмірами комірок в 60 мкм – 0,4...2,2%, тобто лише заміна сита на густіше сприяє пониженню чистоти меляси на 0,1...0,3%.

Розглядаючи параметри, котрі впливають на ефективність кристалізації цукрози, потрібно відзначити, що багато з них не можуть бути зміненими, тому що вони зв'язані з роботою попередніх відділень цукрового заводу або ж можуть змінюватися лише в неширокому діапазоні. Так, витрата та якість сиропу визначається якістю та кількістю останнього, котрий отриманий на ВУ, а відтоків – якістю роботи окремих станцій кристалізації. Як правило, ці параметри відносяться до числа незалежних. Тиск та температуру гріючої пари можна також змінювати в рамках дуже вузького діапазону, тому що це зв'язано з

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

технічними можливостями генерування пари та його перерозподілу між окремими корпусами ВУ та споживачами по заводу.

Тому особливу увагу потрібно звертати на рівень утфелю у вакуум-апаратах а періодичної дії. Висота цього шару впливає на залишковий тиск та температуру всередині вакуум-апарата , а відповідно, і на величину швидкості кристалізації цукрози, швидкість термічного розкладу її та витрату граючої пари.

Швидкість кристалізації цукрози залежить від температури утфелю, в'язкості та густини міжкристального розчину і відносної швидкості руху кристалів в ньому. Всі ці параметри прямо чи опосередковано залежать від висоти (товщини) шару утфелю у в/а. Крім цього, на величину швидкості кристалізації цукрози суттєво впливає також і відносний відсоток кристалів цукрози в утфелі. Значить, за допомогою цього параметру можна інтенсифікувати процес кристалізації цукрози.

Величина гідростатичного тиску туфельної маси впливає також на величину температури кипіння утфелю, підвищуючи чи знижуючи її, а відповідно і на процес термічного розкладу цукрози. Професором Бугаєнко І.Ф. встановлено, що величина розкладу цукрози за рН утфелю I та II кристалізації в межах 8,0...6,5 та температурі в 75°C в середньому складає 0,03% від к.б. з підвищенням температури на 10°C втрати збільшуються в два рази.

Гідродинамічна обстановка у в/а періодичної дії постійно змінюється. При цьому швидкість циркуляції утфелю коливається та поступово знижується до кінця варки до мінімуму. За звичайних умов єдиною рушійною силою циркуляції є різниця в'язкості утфелю при стінках кип'ятільних трубок та всередині їх. Оскільки температура граючої пари у в/а як правило не регулюється, то підвищення термічного опору і зменшення швидкості циркуляції супроводжується зниженням теплового потоку, що в свою чергу зумовлює до зниження паровмісту та рухомої сили циркуляції.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

На заключних стадіях уварювання утфелі можливі такі режими роботи в/а, коли кипіння утфелю не відбувається, останній тільки нагрівається. Тому з метою підвищення циркуляції запропоновано ряд способів:

- Вдуванням повітря (пари) під нижню трубну решітку;
- Встановлення додаткових нагрівальних елементів;
- Встановлення механічних циркуляторів.

Процес отримання утфелю I кристалізації можна розділити на наступні етапи: набір вакуум-апарат сиропом і згущення його до проби; утворення центрів кристалізації; нарощування кристалів, згущення утфелю, вивантаження утфелю в мішалку і пропарювання вакуум-апарата.

Найбільш розповсюдженим методом проведення цих етапів процесу є робота з періодичним веденням сиропу. Періодичне введення сиропу здійснюється звичайно при досягненні коефіцієнта пересичення міжкристалевого розчину 1,15-1,18 і закінчується при коефіцієнті пересичення 1,02-1,05.

Дуже часто введення сиропу починають при більшому значенні коефіцієнта пересичення - на межі появи вторинних центрів, а іноді і після початку їх появи. Нічого, крім шкоди, такий спосіб роботи не дає. Значні коливання пересичення збільшують тривалість процесу, що зменшує масову швидкість кристалізації.

Спеціалістами УкрНДЦП на Яготинському цукровому заводі випробуваний спосіб отримання утфелю I кристалізації при безперервному вводити сиропу у вакуум-апарат, який полягає в наступному: спочатку у вакуум-апарат набирається така кількість сиропу, щоб після згущення його до потрібної концентрації він повністю покривав поверхню нагріву, далі згущення сиропу ведеться при максимальному розрідженні, тобто при мінімальній температурі кипіння.

Після досягнення коефіцієнта пересичення сиропу 1,25 у вакуум-апарат вводиться біля 20 г цукрової пудри. Через 1-2 хв. відбирають пробу для спостереження за

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

кількістю утворених кристалів. Після утворення достатньої кількості кристалів у вакуум-апарат вводять сироп для зменшення коефіцієнта пересичення міжкристалевого розчину до 1,1 та припинення подальшого виділення центрів кристалізації. В подальшому кристали цукру нарощують при безперервному надходженні сиропу у вакуум-апарат. Процес регулюється так, щоб коефіцієнт пересичення міжкристалевого розчину утримувався на постійному рівні (біля 1,1). При такому значенні коефіцієнта пересичення забезпечується досить висока швидкість кристалізації та не утворюються нові центри кристалізації.

Впровадження способу отримання утфелю I кристалізації при безперервному способі введення сиропу у вакуум-апарат дозволяє значно зменшити тривалість процесу (приблизно на 22,5 %) при одночасному покращенні якості білого цукру (гранулометричний склад, забарвленість).

Майже на всіх бурякоцукрових заводах при отриманні утфелю I кристалізації у вакуум-апаратах періодичної дії на початковій стадії у вакуум-апарат вводять велику кількість води або соку для запобігання пересиченню сиропу. Це значно збільшує витрати пари при отриманні утфелю, і, відповідно, витрати палива. Наступною причиною великих витрат палива є низька концентрація сиропу (48-56%), що використовується пр отриманні утфелю I кристалізації.

Спеціалістами УкрНДЦП розроблений спосіб отримання утфелю I кристалізації із сиропу підвищеної концентрації (70-73%), який включає водні та сокові підкачки. Спосіб полягає в наступному. Після ретельно пропарки апарат і з'єднування його з конденсатором у вакуум-апарат набирають мінімальну кількість сиропу. Коли вакуум-апарат набрався сиропом, подають пару і вакуум-апарат виконує функції випарної установки, тому випарювання повинне здійснюватись при повністю відкритому повітряному вентилі, при можливо

низькій для даного вакуум-апарат температурі. Коли сироп досягне пересиченого стану наближається момент утворення центрів кристалізації, повітряний вентиль

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

закривають. Внаслідок чого температура киплячої маси поступово підвищується до 84-86°C. В апарат вводять цукрову пудру, причому бажано утворення кристалів проводити при невисокому коефіцієнті пересичення. За кількістю утворюваних центрів кристалізації необхідно постійно слідкувати .

Коли необхідна кількість центрів кристалізації утворилася, процес переривають, знижуючи пересичення між кристального розчину введенням свіжого сиропу. При утворенні центрів кристалізації потрібно уникати занадто великого введення сиропу. Необхідно уникати також різкого коливання температури у вакуум-апараті, оскільки підвищення температури може призвести до розчинення утворених центрів кристалізації, а зниження температури - викликати моментальне виділення кристалів цукру у великій кількості.

Сироп, що надходить в апарат, повинен мати температуру на кілька градусів вище за температуру утфелю у вакуум апараті. Перегрітий сироп, потрапляючи у вакуум-апарат, швидко закипає, виділення бульбашок пари посилюється, що підвищує циркуляцію утфелю і сприяє процесу нарощування кристалів. Після утворення центрів кристалізації, температуру кипіння утфелю знижують до 80-82°C, поступово відкриваючи повітряний вентиль.

При необхідності підвищення температури кипіння утфелю з метою розчинення дрібних кристалів цукру може здійснюватися багаторазово. В подальшому подача сиропу повторюється до тих пір, поки утфелем не заповниться весь об'єм апарата. На цій стадії температура утфелю поступово знижується і досягає 78-79°C, при якій утфель остаточно згущується до вмісту в ньому 92,5-93 % сухих речовин.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів [2]

Вакуум – апарати мають надутфельний простір, який збільшує дзеркало випарювання, що покращує процес уварювання порівняно з вакуум – апаратами з нормальним надутфельним простором.

Вакуум-апарат являє собою циліндричний вертикальний посуд зварної конструкції з конічними днищами.

Апарат складається з верхньої частини , конічного дна, парової камери опори , спускного отвору . Верхня частина апарата являється над паровим простором і слугує для набору уварюваного продукту. До верхнього дна підвішена ловушка-конус, обернутий вершиною в верх. В результаті зміни напрямлення руху швидкості пара і частки соку вловлюються конусом. Остаточне вловлювання частин продукту проходить в шпет_ловушці, встановленою на верхньому дні апарата.

Всередині корпуса вакуум – апарата знаходиться підвісна парова камера , що має трубні ґратки, між якими закріплені кип'ятильні труби і циркуляційна парова камера підвісна з вертикальними підігрівачами трубами в вареними кінцями в трубні ґратки камери. Верхня і нижні трубні ґратки горизонтальні.

По центру камери встановлена циркуляційна труба. Гріючий пар через три штуцера розташовані під кутом 120° по окружності камери поступає в камеру. В нижній частині камери встановлено два штуцера для відводу конденсату.

Парова камера відноситься до зварних посудів, які застосовують «Правила будови і безпечної експлуатації посудів, працюючих під тиском», в процесі уварювання утфельна маса в апараті циркулює, піднімаючись по киплячим трубам в верх і опускаючись по циркуляційній трубі кільцевому простору між стінкою апарата і підвісною камерою в низ.

В результаті кипіння і циркуляції маси кристали цукру не можуть осідати на дно апарата. Для нагляду за кипінням, постійним підвищенням рівня і

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

заповненням вакуум-апарата уварюючої маси по висоті апарата встановлено два ряди оглядових вікон.

Щоб запобігти забивання скла оглядових вікон кристалами цукру є спеціальний механізм для пропарювання оглядових вікон.

В нижній частині вакуум-апарата встановлено пробний кран для відбору проб невеликих порцій уварюючого утфеля. При повороті крана на 180° вловлена в заглибленні уварена маса витікає назовні на підставлене до крану скло.

Вакуум - апарат має наборну комунікацію, до якої приєднують вентилі, які призначені для підведення в апарат сиропу, білої і зеленої патоки, відтоків.

Перед спуском утфеля з вакуум-апарата зупиняється подача гріючої пари, закривається повітряний затвор відбору сокових парів і відкривається повітряний вентиль, з'єднуючи апарат з атмосферою. Після цього відкривається спускний затвор, призначений для спуску утфелю з вакуум апарата в подальшу переробку.

Сталь 12X18T10T задовольняє всі вимоги: стійкість до середовища, механічна міцність та властивість зварюватися [9]. 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 5632-72.

Вакуум-апарат типу встановлюється на цукрових заводах. Основне його призначення - це уварювання утфелів 1-го, 2-го і 3-го продуктів. Утфель є одним з основних напівпродуктів кінцевої стадії цукрового виробництва. Утфель являє собою суміш кристалів цукру і міжкристальної рідини. При його фугуванні відтік міжкристальної рідини утворює патоку. Утфелі містять в середньому 40 – 50 % кристалів цукру, 23 – 32 % розчиненої цукрози і деяку кількість нецукрів (до 4 % в утфелі 1 і до 20 % в утфелі 2).

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Кристали цукрози в утфелі виконують абразивний вплив на метали, що труться. Про це свідчать багаточисельні подряпини на поверхнях тертя, розташованих паралельно напрямку руху абразивів.

Інтенсивність абразивного впливу кристалів цукру на поверхні, що труться, залежить від товщини прошарку міжкристальної рідини між ними, визначається величиною нормального тиску. Міжкристальна рідина має велику в'язкість, містить багато розчиненої цукрози і тому перешкоджає зчепленню металів.

При високих значеннях коефіцієнта твердості ($K \gg 60$), особливо при наявності на поверхнях, що труться рідких середовищ, ведуча роль в абразивному зношенні належить електрохімічним процесам. Тому інтенсивність зношування в цих випадках визначається головним чином корозійною стійкістю.

Абразивний вплив кристалів цукру на поверхні тертя проявляється сильніше при відсутності міжкристальної рідини.

Тому для виготовлення частин циркулятора, що мають контакт з утфелем приймаємо такі матеріали :

Верхній і нижній вали циркулятора виготовляємо з сталі 45 ГОСТ 1050-74;

Муфту виготовляємо з сталі 45 ГОСТ 1050-74;

Лопаті виготовляємо з сталі Ст3 ГОСТ 380-88 ;

Гріючу камеру виготовляємо штампуванням і зварюванням зі сталі Ст3 ГОСТ 380-88.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальний та тепловий баланс процесу[3]

Проводимо по [3]

Визначаємо масу однієї варки утфеля на всіх вакуум апаратах другого продукту, по формулі [3,с.20]

$$A = 1410 \cdot 100 \cdot G_y / a \cdot Z \quad (2.1)$$

звідки $G_y = A \cdot a \cdot Z / (1410 \cdot 100)$

де A – маса буряка, кг.

$a = 11,11\%$ - вихід звареного утфеля до маси буряка, [3.с. 20]

Z – тривалість одного повного обороту апарата, хв.

$$Z = z_1 + z_2 \quad (2.2)$$

$$Z = 300 + 25 = 325 \text{ хв}$$

$z_1 = 300$ хв. – тривалість активної роботи апарата; [3, с. 20].

$z_2 = 25$ хв. – тривалість допоміжних операцій; [3, с. 20].

$$G_y = 9000 \cdot 11,11 \cdot 325 / (1410 \cdot 100) = 292,7 \text{ т} \quad (2.3)$$

Визначаємо кількість вакуум – апаратів для варки утфеля, по формулі.

$$n = G_y / m \quad (2.4)$$

де n – кількість вакуум – апаратів.

$m = 80$ т – продуктивність вакуум – апарата

$$n = 292,7 / 80 = 3.65$$

Приймаємо до встановлення 4 вакуум – апарати та один резервний.

Визначаємо корисний об'єм одного апарата (в м^3), по формулі [5, с. 187].

$$V_n = G / \rho \quad (2.5)$$

де $\rho = 1426$ кг / м^3 - об'ємна маса утфеля [2, с. 190].

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$V_{\text{п}} = 80 \cdot 10^3 / 1426 = 56$$

Визначаємо масу сиропу у 4 апаратах (в кг/с), по формулі:

$$G_c = a \cdot A / 100 \quad (2.6)$$

де $a=40,7\%$ -вихід сиропу до маси буряку [3, с.20]

$$G_c = 40,7 \cdot 9000 \cdot 1000 / (100 \cdot 3600 \cdot 24) = 42,40$$

Визначаємо кількість води випареної під час однієї варки у вакуум – апараті (в кг/с), по формулі

$$W = G_c / 4 \cdot (1 - V_{\text{п}} / V_{\text{к}}) \quad (2.7)$$

де $V_{\text{п}} = 67\%$ - початковий вміст сухих речовин.

$V_{\text{к}} = 93 \%$ - кінцевий вміст сухих речовин.

$$W = 42,40 / 4 \cdot (1 - 67 / 93) = 2,68$$

Визначаємо теплове навантаження на вакуум – апарат (в кВт), по формулі [5, с. 65].

$$Q = W \cdot r \quad (2.8)$$

де $r = 2354.78$ кДж / кг – скрита теплота пароутворення [3, с. 274]

$$Q = 2,68 \cdot 2354.78 = 6193,1$$

Визначаємо витрати пари (в кг/с), по формулі [5, с. 193].

$$Q = G_{\text{п}} \cdot r_{\text{п}} \quad \text{звідки } G_{\text{п}} = Q / r_{\text{п}}$$

де $r_{\text{п}} = 2216$ кДж / кг – скрита теплота конденсації [5, с. 193].

$$G_{\text{п}} = 6193,1 / 2216 = 2,8 \quad (2.9)$$

Визначаємо площу поверхні нагріву вакуум – апарата (в м²) по формулі [3, с. 274].

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$F = 1000 \cdot G_{\text{п}} \cdot G_{\text{цт}} \cdot r \cdot 60 / (a \cdot z \cdot \Delta t \cdot k) \quad (2.10)$$

де $k = 2338 \text{ кДж} / (\text{м}^2 \cdot \text{г} \cdot ^\circ\text{С})$ – коефіцієнт теплопередачі [3, с. 119].

$t_{\text{п}} = 115^\circ\text{С}$ – температура гріючої пари [3, с. 119].

$t_{\text{у}} = 76^\circ\text{С}$ – температура кипіння утфеля [3, с. 119].

$a = 30.8\%$ - вихід звареного утфеля до маси буряка [1, с. 119].

Δt – середня різниця температур, $^\circ\text{С}$.

$$\Delta t = t_{\text{п}} - t_{\text{у}} = 115 - 76 = 39 \text{ } ^\circ\text{С}$$

$$F = (1000 \cdot 2,8 \cdot 75 \cdot 2354,78 \cdot 60) : (14,11 \cdot 325 \cdot 39 \cdot 2338) = 389 \text{ м}^2$$

Приймаємо до встановлення парову камеру з поверхнею нагріву 400 м^2 .

2.2 Технологічний розрахунок[5]

Для розрахунку парової камери приймаємо спеціальні труби зі стороною правильного шестикутника зі стороною $92,66 \text{ мм}$, довжиною $1,0 \text{ м}$.

Визначаємо площу поверхні однієї труби

$$f = a \cdot L \cdot 6 = 0,09266 \cdot 1,0 \cdot 6 = 0,556 \text{ м}^2 \quad (2.11)$$

Визначаємо кількість кип'ятільних труб (в шт.), по формулі [7, с. 280].

$$Z_{\text{кт}} = F/f = 400 / 0,556 = 719,4 \quad (2.12)$$

Визначаємо крок розміщення кип'ятільних труб в трубній ґратці (в мм) приймаємо $t = 107 \text{ мм}$ /

Визначаємо сумарну площу всіх кип'ятільних труб (в м^2), по формулі

$$f_{\text{к}} = f_1 \cdot Z_{\text{кт}} = 0,008 \cdot 720 = 5,76 \quad (2.13)$$

де $f_1 = 0,008 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу однієї труби. м^2

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Визначаємо розрахунковий тиск який діє на стінки кип'ятільних труб в паровій камері.

$$P = P_1 + P_2 \quad (2.14)$$

де $P_1 = 0.294$ МПа – тиск в між трубному просторі парової камери.

$P_2 = 0,088$ МПа – вакууметричний тиск в апараті.

$$P = 0.294 + 0.088 = 0.392 \text{ МПа}$$

Приймаємо 0.4 МПа.

Перевірка запобіганню від виривання з трубної ґратки кип'ятільних труб, за умови;

$$(P \cdot f / 100 \cdot \pi \cdot d_{\text{зов}} \cdot L) \leq \sigma_{\text{доп}} \quad (2.15)$$

де $\sigma_{\text{доп}} = 0.5$ кг/мм² - середня допустиме навантаження на кип'ятільні труби в трубній ґратці.

$L = 16$ мм – довжина кип'ятільної труби розміщеної в трубній ґратці.

$P = 0.4$ МПа – найбільший тиск в трубному і міжтрубному просторі парової камери.

$$(0.4 \cdot 6132 / 100 \cdot 3.14 \cdot 102 \cdot 16) \leq 0.5$$
$$0.005 \leq 0.5$$

Умова виконується.

Визначаємо площу циркуляційної труби (в м²), по формулі [5, с. 280].

$$F_{\text{ц}} = f_{\text{к}} \cdot 0.1 = 5,76 \cdot 0.1 = 0,576 \quad (2.16)$$

Визначаємо діаметр циркуляційної труби (в м), по формулі [5,с.280].

$$d_{\text{ц}} = \sqrt{4 \cdot F_{\text{ц}} / \pi} = \sqrt{4 \cdot 0,576 / 3,14} = 0,857 \quad (2.17)$$

Приймаємо $d_{\text{ц}} = 1,80$ м;

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Визначаємо розрахункову товщину стінки циркуляційної труби (в мм), по формулі

$$\sigma_{p.ц.т.} / D_{ц.т.} = 0.005 \text{ звідси } \sigma_{p.ц.т.} = 0.005 \cdot D_{ц.т.} \quad (2.20)$$
$$\sigma_{p.ц.т.} = 0.005 \cdot 1800 = 7.8$$

Визначаємо необхідну товщину стінки циркуляційної труби (в мм), по формулі

$$\sigma_{ц.т.} = \sigma_{p.ц.т.} + C_1 + C_2 \quad (2.21)$$

де $C_1 = 0.8$ мм надбавка товщини стінки циркуляційної труби в зв'язку з можливим відхиленням в металургійному виробництві.

C_2 надбавка товщини стінки циркуляційної труби на корозію метала.

$$C_2 = U_k \cdot \tilde{t} \quad (2.22)$$

де $\tilde{t} = 50$ років – розрахунковий термін експлуатації вакуум –апарата.

$U_k = 0.02$ мм/р. – швидкість проникнення корозії в металі.

$$C_2 = 0.02 \cdot 50 = 1 \text{ мм}$$

$$\delta_{ц.т.} = 7.8 + 0.8 + 1 = 9.6 \text{ мм}$$

Приймаємо 10 мм.

Перевіряємо товщину стінки циркуляційної стінки на най більший допустимий тиск за умовою.

$$P_{\text{доп}} \geq P$$

$$P_{\text{оп}} = 38 \cdot (\delta_{ц.т.} / D_{ц.т.}) \cdot R_{\text{ст}} \quad (2.23)$$

де $R_{\text{ст}} = 19.7$ кг / мм² - найменший гарантований поріг пластичності матеріалу.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$P_{\text{доп}} = 38 \cdot (10 \cdot 1600) \cdot 19.7 = 4.6 \text{ МПа}$$

$$4.6 \text{ МПа} > 0,4 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Визначаємо приведену швидкість пари на виході із труб поверхні теплообміну:

$$\omega'' = \frac{W_6}{3600 \cdot f_k \cdot \rho''}; \quad (2.24)$$

де W_6 – кількість випареної води за годину;

f_k – сумарна площа перерізу труб поверхні теплообміну; м^2 :

$$f_k = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} \cdot 4990 = 3,525;$$

$$\omega_I'' = \frac{63600}{3600 \cdot 3,525 \cdot 1,316} = 3,8;$$

Визначаємо швидкість циркуляції; (м/с):

$$\omega = 0,33 \cdot (\omega'')^{0,38} \cdot \left(\frac{L_{\text{ур}}}{L} \right)^x \cdot \frac{\rho^6}{\rho^p}; \quad (2.25)$$

де $L_{\text{ур}}$ – рівень соку в трубах поверхні теплообміну;

$$L_{\text{ур}} = 1,25 \text{ м};$$

L – довжина труб поверхні теплообміну, $L = 4,3 \text{ м}$;

x – допоміжна величина;

$$x = 7,1 \cdot (\omega'')^{-0,58} = 3,27 \text{ – для режиму I корпусу};$$

$$\omega_I = 0,33 \cdot (3,8)^{0,38} \cdot \left(\frac{1,25}{4,3} \right)^{3,27} \cdot \frac{940}{1060} = 0,0085; \quad (2.26)$$

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Конструктивний розрахунок[5]

Визначаємо внутрішній діаметр кип'ятильної камери (в м), по формулі [2, с. 79]

$$D_k = \sqrt{\frac{1,27 \cdot n \cdot t^2 \cdot \sin \alpha}{K} + (d_{ц} + 2t)^2} =$$
$$= \sqrt{\frac{1,27 \cdot 765 \cdot 0,126^2 \cdot \sin 60}{0,7} + (1,8 + 2 \cdot 0,126)^2} = 4,97 \quad (2.27)$$

Приймаємо $D_k = 5$ м

Визначаємо площу перерізу парової камери і самого апарата (в м²)

$$F_{kam.} = \frac{\pi D_k^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 19,62 \quad (2.28)$$

Діаметр апарата (в м)

$$D_{an.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{an.}}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19,62}{3,14}} = 4,99 \quad (2.29)$$

Приймаємо $D_{an.} = 5$ м

Визначаємо швидкість руху пари (в м/с), по формулі

$$V_n = \frac{4V}{\pi \cdot D_k^2} = \frac{4 \cdot 2,12}{3,14 \cdot 5^2} = 0,1 \quad (2.30)$$

V - кількість пари, м³/с

D_k - діаметр парового простору, приймаємо 5 м

Визначаємо швидкість зависання каплі (в м/с), по формулі

$$V_k = \sqrt{\frac{4 \cdot g(\rho_1 - \rho_2) \cdot d_k}{3 \cdot \xi \cdot \rho_2}} \quad (2.31)$$

де $\rho_1 = 1505$ і $\rho_2 = 0,58$ - відповідно густина рідини і пари (в кг/м³)

$\xi = 18,5$ - коефіцієнт опору при $Re < 500$

$$Re = \frac{V_n d_k}{\nu_n} = \frac{0,1 \cdot 0,003}{20,63 \cdot 10^{-6}} = 14,5 \quad (2.32)$$

де V_n - швидкість руху пари, м/с

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$v_n = 20,63 \cdot 10^{-6}$ - кінематична в'язкість пари, м²/с

Знайдені числові значення підставляємо у формулу 4.21 і обчислюємо

$$V_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,8 \cdot (1505 - 0,58) \cdot 0,003}{3 \cdot 18,5 \cdot 0,58}} = 2,34 \text{ м/с}$$

$$V_n < V_k$$

$$0,1 < 2,34$$

Умова виконується

Якщо швидкість пари більше швидкості витання каплі, то остання рухається вгору і виноситься з апарата.

Визначаємо об'єм парового простору (в м³), по формулі

$$V = \frac{W}{\rho \cdot A} = \frac{2,12 \cdot 3600}{0,3 \cdot 1073} = 23,71 \quad (2.33)$$

де $\rho_2 = 0,3$ - відповідно густина рідини і пари (в кг/м³)

A - напруження парового простору (м³/м³·год)

Знаючи об'єм парового простору і прийнявши діаметр його рівним діаметру корпуса знаходимо висоту (в м), по формулі

$$H = \frac{4V}{\pi D_k^2} = \frac{4 \cdot 23,71}{3,14 \cdot 5^2} = 1,21 \quad (2.34)$$

Конструктивно приймаємо висоту сепараційного простору 3270мм

Визначаємо діаметр патрубка для подачі гріючої пари; м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{3600 \cdot \pi \cdot 2 \cdot \omega}}; \quad (2.35)$$

де d – внутрішній діаметр патрубка;

V – витрата пари, V = 39088 м³/год;

$\omega_{гр.п.} = 25$ м/с – швидкість пари;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 39088}{3600 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 25}} = 0,526;$$

Приймаємо 2 патрубки 600мм кожний.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Визначаємо діаметр патрубків для вторинної пари приймаючи $\omega_{\text{вт.п.}}=35$ м/с;
м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 47586}{3600 \cdot 3,14 \cdot 35}} = 0,693;$$

Приймаємо $d = 730$ мм.

Визначаю діаметр патрубків для відводу конденсату, прийнявши $\omega_{\text{к.}}=0,7$ м/с;
м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 68,05}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,7}} = 0,185;$$

З конструктивних міркувань приймаю три патрубків діаметром $0,098$ м.

Визначаю діаметр патрубків для підводу соку, прийнявши $U_{\text{с}} = 1$ м/с; м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 120}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1}} = 0,2;$$

Для більш рівномірного підводу соку приймаю один патрібок $\varnothing 0,25$ м (основний) та три допоміжних патрібок $\varnothing 0,15$ м.

Визначаю діаметр патрібок для відбору увареного соку, прийнявши $\omega_{\text{в.с.}} = 0,7$ м/с; м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 53}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,7}} = 0,16;$$

Приймаємо $d = 0,25$ м.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.4 Гідрравлічний опір апарата. [5]

Допустима втрата напору в циркуляційній трубі (без врахування рівня розчину над верхньою трубною решіткою):

$$\Delta P_{ц} = \rho^p \cdot g \cdot 0,8 \cdot (L - L_{yp});$$

$$\Delta P_{ц1} = 1060 \cdot 9,81 \cdot 0,8 \cdot (4,3 - 1,25) = 25372;$$

Визначаю максимально допустиму швидкість в циркуляційній трубі;
(м/с):

$$\omega_{ц} = \sqrt{\frac{\Delta P_{ц} \cdot 2}{\rho^p \cdot (\sum \xi_m + \frac{L_{ц}}{d_{ц}} \cdot \lambda)}}; \quad (2.36)$$

де $\sum \xi_m$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів;

$$\sum \xi_m = \xi_{вх} + \xi_{вих} + \xi_{повор} = 0,5 + 1,0 + 1,1 = 2,6;$$

$d_{ц}$ – передбачуваний діаметр циркуляційної труби; $d_{ц} = 0,8\text{м}$;

λ - коефіцієнт тертя; $\lambda = 0,015$;

Для режиму роботи другого корпусу; (м/с):

$$\omega_{ц1} = \sqrt{\frac{25372 \cdot 2}{1060 \cdot (2,6 + \frac{4,3}{0,8} \cdot 0,015)}} = 4,22;$$

Мінімально-допустимий діаметр циркуляційної труби; м:

$$d_{ц} = \sqrt{\frac{0,03^2 \cdot n \omega}{n_{ц} \cdot \omega_{ц}}}; \quad (2.37)$$

Для режиму роботи другого корпусу; м:

$$d_{ц} = \sqrt{\frac{0,03^2 \cdot 4990 \cdot 0,0085}{1 \cdot 4,22}} = 0,095; \quad (< 0,8);$$

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таким чином, прийнятий діаметр циркуляційної труби 0,8м забезпечує режим циркуляції в вакуум-випарному апараті нашої продуктивності.

Сепараційний пристрій апаратів типу всіх поверхонь теплообміну комплектується уніфікованими жалюзійними пакетами із свободним вхідним перерізом $S_{\text{пак}} = 0,1 \text{ м}^2$.

Необхідну кількість пакетів в залежності від площі поверхні теплообміну можна визначити за формулою; шт:

$$Z = \frac{W^e}{\rho'' \cdot 3600 \cdot \omega_p \cdot S_{\text{пак}}}; \quad (2.38)$$

де W^e – кількість випареної води за годину;

ρ'' – густина вторинної пари при тиску випарювання;

ω_p – розрахункова швидкість пари на вході в жалюзійну насадку;

З достатньою точністю кількість пакетів можна визначити по емпіричній формулі:

$$Z = 0,0131 \cdot F;$$

де F – площа поверхні теплообміну;

$$Z = 0,0131 \cdot 2120 \approx 28;$$

Фактично встановлено 32 шт.

Труби 1,88м забезпечує режим циркуляції

Таким чином, прийнятий діаметр циркуляційної в вакуум-випарному апараті задовольняє нашої продуктивності.

Циркулятор повинен бути підвішений вертикально до верхньої частини апарату. Вал циркулятора повинен спиратись на збільшений підшипниковий вузол мотор-редуктора. Мотор-редуктор циркулятора повинен монтуватись на вакуум-апараті безпосередньо за допомогою фланця.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Якщо опора потрібна внизу валу, вона повинна бути самозмашуючоюся. Але краще проектувати підшипниковий вузол так, щоб уникнути застосування нижньої опори всередині апарату.

Ущільнення повинні забезпечити уникнення доступу повітря в вакуум-апарат між валом і корпусом вакуум-апарата. Це найкраще забезпечується за допомогою пакетного ущільнення.

Є два сучасних варіанта виконання приводу циркулятора:

1. Від двохшвидкісного двигуна, з відповідним механізмом вимикача;
2. Одношвидкісний двигун змінного струму з прямим керуванням крутного моменту.

Привід з двохшвидкісним двигуном.

Якщо використовується двохшвидкісний двигун, необхідно виконання умови рівності споживання потужності при малій і великій швидкостях обертання. Щоб передавати потужність від двигуна до редуктора, повинні використовуватися паси і шківи.

Одношвидкісний двигун змінного струму з прямим керуванням крутного моменту.

Якщо можливе безпосереднє керування крутним моментом, то мотор-редуктор циркулятора повинен монтуватись на вакуум-апараті безпосередньо за допомогою фланця.

Швидкість повинна програмуватися так, щоб бути найбільш можливою, утримуючись в межах допустимої потужності двигуна і в залежності відспоживаного крутного моменту.

Розрахунок потужності двигуна циркулятора ведемо за допомогою критеріальних рівнянь.

Значення критерію Рейнольдса при

$$n = \frac{50}{60} = 0,833 \text{ об / с}$$

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$\text{Re} = \frac{nd^2\rho}{\mu} = \frac{0,83 \cdot 2,8^2 \cdot 1460}{0,0115} = 82613147 \quad (2.39)$$

де n - кількість обертів циркулятора за 1с ;

d - діаметр лопатей , м ; ρ - густина утфеля, кг/м ; μ - в'язкість утфеля, Н/м²·с.

Критерій потужності :

$$K_N = 1,581 \text{Re}_e^{0,88} \left(\frac{D}{d} \right)^{0,26} \quad (2.40)$$

де D – внутрішній діаметр апарата, м .

$$K_N = 1,581 \cdot 82613147^{0,88} \left(\frac{4,5}{2,8} \right)^{0,26} = 25142857$$

Потужність на перемішування :

$$N = K_N \mu n^2 d^3 = 25142857 \cdot 0,0115 \cdot 0,833^2 \cdot 2,8^3 = 4404296 \text{ Вт} \quad (2.41)$$

Приймаємо двигун типу DV225 з потужністю $N=45$ кВт і $n=1470$ об/хв.

За потужністю двигуна обираємо мотор-редуктор RM147DV225M4.

При виборі циліндричних мотор-редукторів RM з подовженим корпусом підшипника слід враховувати підвищені зовнішні радіальні і осьові навантаження.

2.5 Вибір допоміжного обладнання[4]

Вакуум-апарати працюють періодично, тому для прийому утфелю з них встановлюють утфемішалки.

Необхідний об'єм утфемішлок визначаємо з умови:

$$V_{\Pi} = (1,5 \div 2)V_{\Pi}; \text{ м}^3 \quad (2.42)$$

де V_{Π} – об'єм разового завантаження утфеля в ротор центрифуги даної групи; м³.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення разового завантаження всіх роторів центрифуг даного утфелю випробовуємо формулу:

$$M = \frac{П \cdot a \cdot Z}{1440 \cdot 10 \cdot \eta}; T \quad (2.43)$$

де $П=9000$ т/добу- продуктивність підприємства по перероблюваному буряку;

$a=30,8\%$ - кількість утфелю даної кристалізації в % до маси перероблюваного буряка;

Z – тривалість одного циклу роботи центрифуги; $Z=3,5$ хв.

$Н=0,9$ – експлуатаційний коефіцієнт.

Таким чином:

$$M = \frac{9000 \cdot 30,8 \cdot 3,5}{1440 \cdot 10 \cdot 0,9} = 74,86 \text{ т}$$

При цьому об'єм разового завантаження утфелю складатиме:

$$V_{ц} = \frac{M}{\rho} = \frac{74,86}{1,497} = 50,00 \text{ м}^3$$

де $\rho = 1,479 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ - густина утфелю.

Таким чином, необхідний повний об'єм утфемішалки складатиме:

$$V_{п} = (1,5 \div 2) \cdot 50,00 = (75,00 \div 100,0) \text{ м}^3$$

До установки приймаємо 2 утфелемішалки об'ємом 65 м^3 кожна

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки і кришки

Проводимо по [9]

2.2 Розрахунки на міцність стійкість та герметичність

2.2.1 Розрахунок товщини стінки апарата

Товщину стінки апарата визначаю за формулою; (мм):

$$S_p = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - P}; \quad (3.1)$$

P – розрахунковий внутрішній тиск; $P = 0,4$ МПа;

D – внутрішній діаметр корпусу апарата; $D = 5000$ мм;

$[\sigma]$ – допустиме напруження для матеріалу оболонки при роботі апарата під тиском та розрідженням, у відповідності з [3], приймаю $[\sigma] = 126$ МПа;

S_p – товщина стінки парової камери;

φ_p – коефіцієнт міцності поздовжнього зварного шва;

У відповідності з [3], приймаю $\varphi_p = 0,9$.

$$S_p = \frac{0,4 \cdot 5000}{2 \cdot 126 \cdot 0,9 - 0,4} = 8,83$$

Виконавча товщина стінки корпусу:

$$S = S_p + C;$$

де C – прибавка до розрахункової товщини; (мм):

$$C = C1 + C2 + C3 ;$$

де $C1$ – прибавка для компенсації корозії та ерозії; приймаю $C1 = 1,0$;

$C2$ – прибавка для компенсації від'ємного допуску; приймаю $C2 = 0,8$; $C3$ – технологічна прибавка; приймаю $C3 = 0$;

$$C = 1 + 0,8 + 0 = 1,8;$$

$$S \geq 8,83 + 1,8 = 10,63;$$

Приймаю товщину стінки корпусу апарата $S = 12$ мм.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Розрахунок товщини стінки камери

Розрахункова товщина стінки парової камери; (мм):

$$S_p = \frac{0,4 \cdot 5000}{2 \cdot 126 \cdot 0,9 - 0,4} = 6,89;$$

Корпус камери працює під внутрішнім надлишковим тиском, тому необхідно розраховувати обечайку камери:

$$S_e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - P} + C; \quad (3.2)$$

де $P=0,395$ МПа- внутрішній тиск гріючої пари, $D=5,0$ м – внутрішній діаметр корпусу камери, $[\sigma]=131$ Н/м² – допустиме напруження НП розрив матеріалу обечайки (Ст3), $\varphi=0,9$ – коефіцієнт міцності зварного шва, $C=1,8$ м – прибавка на корозію.

Тоді:

$$S_e = \frac{0,395 \cdot 5000}{2 \cdot 131 \cdot 0,9 - 0,395} + 1,8 = 8,34 \text{ мм};$$

Конструктивно приймаємо $S=12$ мм.

При гідравлічному випробуванні парової камери тиск підіймають до $0,64$ МПа.

Допустиме напруження в стінці апарата $[\sigma] = 160$ м, при цьому товщина стінки; (мм):

$$S_e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - p} \leq S; \quad (3.3)$$

Для стінки парової камери:

$$S_e = \frac{0,64 \cdot 5000}{2 \cdot 160 \cdot 0,9 - 0,64} = 8,0 < S=12; \text{ – умова міцності виконується};$$

Для стінки надсокової камери:

$$S_e = \frac{0,64 \cdot 5000}{2 \cdot 160 \cdot 0,9 - 0,64} = 8,0 < S=10; \text{ – умова міцності виконується};$$

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання[9]

Внутрішній діаметр патрубка $D=600$ мм;

Товщина обичайки $\delta=10$ мм;

Внутрішній тиск $P_p = 1,25$ МПа;

Температура $T= 105^\circ\text{C}$;

Матеріал фланця - сталь 09Г2С;

Матеріал болтів - сталь 35.

Фланці неізолювані, приварені встик, мають ущільнюючу поверхню типу «виступ-впадина». Коефіцієнт міцності зварних швів $\phi=1$.

Конструктивні розміри фланця. Товщину втулки прийнята $S_0 = 12$ мм, що задовільня умову:

$$\begin{aligned} S < S_0 < 1.3 \times S \text{ мм.} & \quad S - S_0 < 5 \text{ мм,} \\ 10 < 12 < 1.3 \times 10 \text{ мм,} & \quad 12 - 10 < 5 \text{ мм,} \end{aligned}$$

Товщина втулки S_1 рівна:

$$S_1 = \beta_1 \times S_0 \text{ мм,} \quad (3.4)$$

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

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

$$h_b \geq (S_1 - S_0) \text{ (мм),} \quad (3.5)$$

$$h_b \geq (26,4 - 12) = 14,4 \text{ (мм),}$$

Приймаємо $h_b = 45$ мм

Еквівалентна товщина втулки фланця:

$$S_{\text{эк}} = S_0 \left[1 + \frac{h_b (\beta_1 - 1)}{h_b + 0.25 \times (\beta_1 + 1) \times D \times S_0} \right]$$

(3.6)

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

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Діаметр болтової окружності

$$D_6 \geq D + 2 \times (S_1 + d_6 + i) \text{ мм}, \quad (3.6)$$

де $i = 6$ мм; $d_6 = 20$ мм при $P_p = 1.25$ МПа и $D = 600$ мм

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

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_H \geq D_6 + a \text{ мм}, \quad (3.7)$$

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

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

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{н.п} = D_6 - e \text{ мм}, \quad (3.8)$$

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

$$D_{н.п} = 720 - 20 = 700$$

Середній діаметр прокладки

$$D_{с.п} = D_{н.п} - b \text{ мм} \quad (3.9)$$

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

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

Кількість болтів:

$$n_b \geq \frac{\pi \times D_6}{t_{ш}}. \quad (3.10)$$

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

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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

приймаємо $n_b = 44$, кратно чотири.

Висота (товщина) фланця:

$$h_f \geq \lambda_f \times D \times S_{\text{эк}} \text{ мм}, \quad (3.12)$$

де $\lambda_f = 0.36$ —для $P_r = 1.25$ МПа и приварних встик фланців.

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

Відстань між опорними поверхнями гаек для фланцевого з'єднання з ущільнюючої поверхнею типа «шип-паз»

$$l_{b.o} \sim 2(h_f + h_{п}) \text{ мм}, \quad (3.13)$$

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

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

Навантаження, діючі на фланець. Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$F_d = P_r \times \pi \times D_{2c.п}^2 / 4 \text{ МН}, \quad (3.14)$$

$$F_d = 1.25 \times 3.14 \times 0.6802^2 / 4 = 0.45 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки:

$$R_{п} = \pi \times D_{c.п} \times b_0 \times k_{пр} P_r \text{ МН}, \quad (3.15)$$

де $k_{пр} = 2.5$ - для пароніта

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

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

Зусилля, виникаюче от температурних деформацій приймемо рівним нулю, оскільки перепад температур всередині апарата і ззовні незначний. Визначим $u_b, u_{п}, u_f$ – коефіцієнт деформації болтів, прокладки, фланців:

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$y_6 = \frac{l_6}{E_6 \times f_6 \times n_6}, \text{ м/МН} \quad (3.16)$$

де $l_6 = 16.0 + 0.28 \times d_6 = 880.28 \times 20 = 93.6$ мм – розрахункова довжина болта,

$$y_6 = \frac{.6 \times 10^{-3}}{1.9 \times 105 \times 10,9 \times 10 - 4 \times 44} = 8.4993 \times 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{МН}}$$

$$y_{\Pi} = \frac{h_{\Pi}}{E_{\Pi} \times \pi \times D_{c.\Pi} \times b}, \frac{\text{м}}{\text{МН}} \quad (3.17)$$

де $E_{\Pi} = 2000$ МПа — для прокладки із пароніта

$$y_{\Pi} = \frac{2 \times 10^{-3}}{000 \times 3.14 \times 0.68 \times 0.02} = 14.7 \times 10^{-6} \text{ м/МН};$$

$$y_{\phi} = [1 - \nu (1 + 0.9 \times \lambda_{\phi})] \times \psi_2 / (h_{\phi 3} \times E) \text{ м/МН} \quad (3.18)$$

де

$$\lambda_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{D \times S_{\text{ЭК}}} = \frac{0.042}{0.6 \times 21.42 \times 10^{-3}} = 0.376 \quad (3.19)$$

$$\psi_2 = \frac{(D_H + D)}{(D_H - D)} = \frac{(670 + 600)}{(670 - 600)} = 18.14 \quad (3.20)$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0.9 \times \lambda_{\phi} (1 + (\psi_1 \times h_{\phi}^2 / S_{\text{ЭК}}^2))} \quad (3.21)$$

де

$$\psi_1 = 1.28 \times \lg \frac{D_H}{D} = 1.28 \times \lg \frac{0.67}{0.6} = 0.087 \quad (3.22)$$

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\nu = \frac{1}{1 + 0.9 \times 0.376 (1 + ((0.087 \times 0.0422) / 0.02142^2))} = 0,745$$

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

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$k_{ж} = \frac{y_6 + 0.5 \times y_{\phi} \times (D_6 - D - S_{\text{эк}}) \times (D_6 - D_{\text{с.п}})}{y_{\Pi} + y_6 + 0.5 \times y_{\phi} \times (D_6 - D_{\text{с.п}})^2} \quad (3.23)$$

$$k_{ж} = \frac{8.49 \times 10^{-6} + 0.5 \times 1.109 \times 10^{-3} (0.72 - 0.6 - 0.02142) \times (0.72 - 0.68)}{14.7 \times 10^{-6} + 8.49 \times 10^{-6} + 0.5 \times 1.109 \times 10^{-3} \times (0.72 - 0.68)^2} = 0,468$$

Болтове навантаження в умовах монтажу до подачі внутрішнього тиску:

$$F_{61} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{ж} \times F_{д} \times R_{\Pi} \\ 0.5 \times D_{\text{с.п}} \times b_0 \times p_{\text{пр}} \end{array} \right\}, \text{МН} \quad (3.24)$$

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

$$F_{61} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.468 \times 0,45 \times 0,113 = 0,32 \\ 0.5 \times 0,68 \times 16,9 \cdot 10^{-3} \times 20 = 0,11 \end{array} \right\} = 0,32 \text{ МН}$$

Болтове навантаження в робочих умовах:

$$F_{62} = F_{61} + (1 - k_{ж}) \times F_{д} + F_t, \text{ МН}, \quad (3.25)$$

$$F_{62} = 0.32 + (1 - 0.468) \times 0.45 + 0 = 0,56 \text{ МН}.$$

Приведений згинаючий момент

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.5 \times (D_6 - D_{\text{с.п}}) \times F_{61} \\ 0,5 \times [(D_6 - D_{\text{с.п}}) \times F_{62} + (D_{\text{с.п}} - D - S_{\text{эк}}) \times F_{д}] \times [\sigma]_{20} / [\sigma] \end{array} \right\} \quad (3.26)$$

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ				

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

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.5 \times (0.72 - 0.68) \times 0.32 = 0,0064 \\ [(0.72 - 0.68) \times 0.56 + (0.68 - 0.6 - 0.02142) \times 0.45] \times 170/146 \end{array} \right\}$$

$$= 0,1 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання.

Умови міцності болтів:

$$\frac{F_{\sigma 1}}{n_{\sigma} \times f_{\sigma}} < [\sigma]_{20}, \text{ МПа} \quad (3.27)$$

$$\frac{F_{\sigma 1}}{n_{\sigma} \times f_{\sigma}} < [\sigma]_{\sigma}, \text{ МПа} \quad (3.28)$$

де $[\sigma]_{20} = 130$ МПа, $[\sigma]_{\sigma} = 113,5$ МПа – відповідно для матеріалу при 200°C і при 350°C.

$$\frac{0,32}{44 \times 10,9 \cdot 10^{-4}} = 6,67 < 130 \text{ МПа}$$

$$\frac{0,56}{44 \times 10,9 \cdot 10^{-4}} = 11,7 < 113,5 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Умова міцності неметалевої прокладки із пароніту:

$$\frac{F_{\sigma, \max}}{\pi \times D_{\text{с.п}} \times b} < [p_{\text{пр}}] \quad (3.29)$$

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

$$F_{\sigma, \max} = \max \{ F_{\sigma 1}; F_{\sigma 2} \} = \max \{ 0.32; 0.56 \} = 0.56 \text{ МН}, \quad (3.30)$$

$$\frac{0,56}{3.14 \times 0.68 \times 0.02} = 13,1 < [130] \text{ МПа}$$

Умова виконується.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Максимальне навантаження перерізу фланця, обмежене розміром S1:

$$\sigma_1 = \frac{T_\phi \times M_0 \times v}{D \times (S_1 - C)^2}, \text{ МПа} \quad (3.31)$$

де

$$T_\phi = \frac{D_H^2 [1 + 8.55 \times \lg(D_H/D)] - D^2}{(1.05 \times D^2 + 1.945 \times D_H^2) \times (D_H/D - 1)}, \text{ МПа} \quad (3.32)$$

$$T_\phi = \frac{0,76^2 [1 + 8.55 \times \lg(0,76/0,6)] - 0,6^2}{(1,05 \times 0,6^2 + 1,945 \times 0,76^2) \times (0,76/0,6 - 1)} = 1,849 \text{ МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{1,849 \times 0,1 \times 0,745}{0,6 \times (0,0264 - 0,0038)^2} = 117,8 \text{ МПа}$$

Максимальне напруження перерізу, обмеженого розміром S0

$$\sigma_0 = \sigma_\Phi \times \sigma_1 \text{ МПа}, \quad (3.33)$$

де $\sigma_\Phi = 1.25$

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

Кільцева напруга:

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

$$\sigma_k = \frac{0,1 \times [1 - 0,745 \times (1 + 0,9 \times 0,376)] \times 12,76}{0,6 \times 0,042^2} = 1,22 \text{ МПа} \quad (3.34)$$

Напруга у втулці від внутрішнього тиску:

тангенціальна

$$\sigma_t = \frac{P_p \times D}{2 \times (S_0 - C)}, \text{ МПа} \quad (3.35)$$

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_t = \frac{1,25 \times 1}{2 \times (0,012 - 0,0038)} = 78,43 \text{ МПа}$$

меридіальна

$$\sigma_{tm} = \frac{P_p \times D}{4 \times (S_0 - c)}, \text{ МПа} \quad (3.36)$$

$$\sigma_t = \frac{1,25 \times 1}{4 \times (0,012 - 0,0038)}, \text{ МПа}$$

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

$$\sigma_{12} + \sigma_{k2} + \sigma_1 \times \sigma_k < [\sigma]_1, \text{ МПа} \quad (3.37)$$

де $[\sigma]_1 = \sigma_t = 220$ МПа — допустима напруга, яка дорівнює межі текучості сталі 09Г2С при температурі 105 0С

$$117.82 + 1.222 - 117.8 \times 1.22 = 117.2 < [\sigma]_1 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Умова міцності для перерізу обмеженого розміром $S_0=14$ мм:

$$(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_0 + \sigma_m) \times \sigma_t < \varphi \times [\sigma]_0 \text{ МПа} \quad (3.38)$$

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

$$Q = \frac{\sigma_k}{E} \times \frac{D}{h_\phi} < [Q], \text{ рад} \quad (3.39)$$

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

$$Q = \frac{1,22}{2 \cdot 10^2} \times \frac{1}{0,055} = 0,000111 < [0,009], \text{ рад}$$

Умова виконується.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3.3 Розрахунок опори апарата[10]

Визначаємо масу корпусу вакуум – апарата (в кг), по формулі.

$$G_{в.а} = (G_k + G_{g.k.}) \cdot 1.25 \quad (3.40)$$

Для цього умовно розподіляємо його корпус на геометричні фігури і визначаємо масу кожної фігури окремо.

Визначаємо масу фігури 1 (в кг), по формулі

$$G_1 = \pi \cdot a \cdot (R - r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.41)$$

де $\rho = 7700 \text{ кг/м}^3$ - об'ємна маса металу.

$\Sigma = 0.012 \text{ м}$ – товщина стінки фігури.

$R = 1.5 \text{ м}$ більший радіус фігури.

$R = 0.15 \text{ м}$ – менший радіус фігури.

$A = 1.01 \text{ м}$ – довжина бічної поверхні фігури.

$$G_1 = 3.14 \cdot (1.35 / \cos 20^\circ) \cdot (1.5 + 0.15) \cdot 0.012 \cdot 7700 = 687 \text{ кг}$$

Визначаємо масу фігури 2 (в кг), по формулі

$$G_2 = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.42)$$

де $D = 5 \text{ м}$ діаметр циліндричної частини фігури

$h = 2.2$ – висота 2 фігури.

$\sigma = 0.01 \text{ м}$

$$G_2 = 3.14 \cdot 5 \cdot 2.2 \cdot 0.01 \cdot 7700 = 1526$$

Визначаємо масу фігури 3 (в кг), по формулі.

$$G_3 = \pi \cdot a \cdot (R + r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.43)$$

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $R = 2.465$ м; $r = 1.5$ м; $\sigma = 0.018$ м

$$G_3 = 3.14 (0.965 / \cos 20^\circ) (2.465 + 1.5) \cdot 0.018 \cdot 7700 = 1772$$

Визначаємо масу фігури 4 (в кг), по формулі.

$$G_4 = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.44)$$

де $D = 4.93$ м; $h = 3.04$ м; $\sigma = 0.012$ м.

$$G_4 = 3.14 \cdot 4.03 \cdot 3.04 \cdot 0.012 \cdot 7700 = 4520$$

Визначаємо масу фігури 5 (в кг), по формулі

$$G_5 = \pi \cdot a \cdot (R + r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.45)$$

де $R = 2.465$ м; $r = 2.15$ м; $\sigma = 0.018$ м

$$G_5 = 3.14 \cdot (0.315 / \cos 45^\circ) (2.465 + 2.15) \cdot 0.018 \cdot 7700 = 895$$

Визначаємо масу фігури 6 (в кг), по формулі.

$$G_6 = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.46)$$

де $D = 5$ м; $h = 2.47$ м; $\sigma = 0.012$

$$G_6 = 3.14 \cdot 4.3 \cdot 2.47 \cdot 0.012 \cdot 7700 = 3081$$

Визначаємо масу фігури 7 (в кг), по формулі.

$$G_7 = \pi \cdot a \cdot (R + r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.47)$$

де $R = 2.15$ м; $r = 1.825$ м; $\sigma = 0.016$ м

$$G_7 = 3.14 \cdot (1.826 / \cos 30^\circ) \cdot (2.15 + 1.825) \cdot 0.016 \cdot 7700 = 3968$$

Визначаємо загальну масу корпусу вакуум – апарата (в кг), по формулі

$$G_k = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7 \quad (3.48)$$

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$G_k = 687 + 1526 + 1772 + 4520 + 895 + 3081 + 3968 = 16550$$

Визначаємо масу парової камери (в кг), по формулі

$$G_{п.к.} = G_{ц.т.} + G_{об.} + G_{гр.} + G_{тр.} \quad (3.49)$$

$G_{ц.т.}$ – маса циркуляційної труби.

$G_{об.}$ – маса обичайки парової камери.

$G_{гр.}$ – маса трубної ґратки.

$G_{тр.}$ – маса кип'ятильних труб.

Визначаємо масу циркуляційної труби (в кг), по формулі.

$$G_{ц.т.} = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.50)$$

де $D = 1.6$ м; $h = 1.78$ м; $\sigma = 0.01$ м.

$$G_{ц.т.} = 3.14 \cdot 1.6 \cdot 1.78 \cdot 0.01 \cdot 7700 = 688$$

Визначаємо масу обичайки (в кг), по формулі

$$G_{об.} = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.51)$$

де $D = 5,0$ м; $h = 2.1$ м; $\sigma = 0.01$ м.

$$G_{об.} = 3.14 \cdot 5,0 \cdot 2.1 \cdot 0.01 \cdot 7700 = 1993$$

Визначаємо масу трубних ґраток (в кг), по формулі.

$$G_{гр.} = [2 ((\pi \cdot D_{об2} / 4) - (\pi D_{цт2} / 4) - (\pi D_{об2} / 4) n) \sigma \cdot \rho] \quad (3.52)$$

де $D_{об} = 5,0$ м – діаметр обичайки.

$D_{цт} = 1.8$ м діаметр циркуляційної труби.

$D_{тр} = 0.102$ м – діаметр кип'ятильних труб.

$n = 696$ шт – кількість кип'ятильних труб.

$\sigma_{гр} = 0.012$ м – товщина трубної ґратки.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$G_{\text{тр}} = [2 \cdot ((3.14 \cdot 5,0^2 / 4) - (3.14 \cdot 1.8^2 / 4) (3.14 \cdot 0.102^2 / 4 \cdot 696) 0.012 7700)] \\ = 800$$

Визначаємо масу кип'ятильних труб (в кг), по формулі.

$$G_{\text{тр}} = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \cdot n \quad (3.53)$$

де $D = 0.102$ м; $h = 1.78$ м; $\sigma = 0.0035$ м; $n = 696$ шт.

$$G_{\text{тр}} = 3.14 \cdot 0.102 \cdot 1.78 \cdot 0.0035 \cdot 7700 \cdot 696 = 10693$$

Знайдені величини підставляємо у формулу.

$$G_{\text{п.к.}} = 688 + 1993 + 800 + 10693 = 14197$$

Знаходимо загальну масу вакуум – апарата (в кг), по формулі.

$$G_{\text{в.а.}} = (16550 + 14197) \cdot 1.25 = 38.800$$

При гідравлічному випробуванні вага використаної води складає

$$G_{\text{в}} = V_0 \cdot \rho_{\text{в}} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \rho_{\text{в}} = \frac{3,14 \cdot 4,96^2}{4} \cdot 55 \cdot 1000 = 96561 \text{ кг} \quad (3.54)$$

Загальна маса апарата при гідравлічному випробуванні апарата:

$$G_{\text{з}} = G_{\text{в.а.}} + G'_{\text{в}} = 38800 + 96561 = 135361 \text{ кг} \quad (3.18)$$

Розраховуємо опорні лапи для вакуум – апарата, по формулі.

$$\sigma = (1.118 \cdot S_0) / (\varphi \cdot [\sigma] \cdot a) \quad (3.55)$$

де $S_0 = 7112$ Н – навантаження на одну лапу [9, с. 192].

$[\sigma] = 78.4 \cdot 10^3$ Па – допустиме напруження на стиснення [9, с. 192].

$a = 0.4$ м – виліт лап.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$\varphi = 1.05$ – коефіцієнт на затягування [9, с. 192].

$$\sigma = (1.118 \cdot 7112) / (1.05 \cdot 78.4 \cdot 10^3 \cdot 0.4) = 0.021$$

Приймаємо до встановлення опорні лапи з такими геометричними розмірами:

$$h = 0.5 \text{ м}; \quad b = 0.4 \text{ м}; \quad \sigma = 0.02 \text{ м}; \quad k_o = 16 \text{ шт.}$$

Необхідну товщину ребра визначаємо за формулою

$$\delta = \frac{2,24G}{k \cdot n \cdot Z \cdot l \cdot \sigma_{с.д.}} + C_k + C_{одр} \quad (3.56)$$

де G – максимальна загальна вага апарата; $G = 1326538$ МН

$n = 24$ – число лап;

$Z = 1$ – число ребер в одній парі;

$\sigma_{с.д.} = 100 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}$ - допустима напруга при стисненні;

$l = 0,2$ м – виліт лапи;

$k = 0.6$ – прийнятий коефіцієнт, який підлягає уточненню;

$C_k = 0,001$ м – корозія матеріала;

$$\delta = \frac{2,24 \cdot 1,33}{0,6 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 100} + 0,001 + C_{одр} = 0,01134 + C_{одр} = 0,012 \text{ м}$$

Відношення $l/\delta = \frac{0,2}{0,012} = 16,6$ за відповідним графіком $k=0,56$, тому

перерахунок не проводимо.

Загальну довжину зварювального шва однієї лапи визначаємо наступним чином

$$L_M = 2(h + \delta) = 2(0,4 + 0,012) = 0,824 \text{ м} \quad (3.57)$$

Міцність зварного шва перевіримо за формулою:

$$\frac{G}{n} \leq 0,7 L_{шв} \cdot h_{шв} \cdot \delta_{шв.} \quad (3.58)$$

Де $h_{шв} = 0,006$ м – величина катета шва;

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$\frac{1,33}{24} = 0,06\text{МН} < 0,7 \cdot 0,006 \cdot 80 = 0,336\text{ МН}$$

Таким чином міцність забезпечена.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ[11]

4.1 Монтаж розробленого апарата[11]

Монтаж вакуум-апаратів проводять відповідно до установочних креслень в наступному порядку:

- 1) розмічають місце установки апарата;
- 2) роблять складання металевго каркаса під апарат;
- 3) встановлюють апарат на каркасі й вивіряють його положення;
- 4) виготовляють обслуговуючий майданчик;
- 5) приєднують до апарата трубопроводи і контрольно-вимірючі прилади;

Особливістю монтажу вакуум - апарата являється велика кількість металевих великогабаритних конструкцій.

Монтаж вакуум - апарата починається із монтажу каркаса під апарат. Потім за допомогою рівня вивіряють стійки каркаса на вертикальність, а їх взаємне розташування в плані контролюється струнами.

Після вивірки і встановлення каркаса здійснюють підливку бетоном.

Після досягнення бетоном міцності 60 % приступають до монтажу блоків вакуум - апарата на каркас, перевіряючи їх вертикальність відносно основної вісі апарата. До опорної частини приєднують нижню частину вакуум – апарата. Встановлюють на каркас нижню і опорну частину вакуум - апарата та проводять вивірку їх на горизонтальність. В нижній частині вакуум - апарата встановлюють парову камеру. Встановлюють в циркуляційну трубу парової камери ротор і всі елементи, пов'язані з приводом такі, які потім неможна буде помістити у вакуум-апарат через люк діаметром 500 мм. Встановити на парову камеру камеру сокової пари і приварити її до ситового днища парової камери. Встановлюють у верхній частині вакуум - апарата каплевловлювач. Монтують вал і встановлюють ротор. Приварюють фланцеві з'єднання вала верхніх підшипників з валом, які знаходяться на каплевловлювачі.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Роботи по монтажу підсилювача циркуляції повинна здійснювати спеціальна монтажна організація або бригадою монтажників, що пройшли навчання, інструктаж по безпечному проведенню монтажних робіт і атестацію кваліфікаційної комісії.

При проведенні монтажних робіт повинні виконуватись правила техніки безпеки, складені і затверджені з відповідністю до діючого законодавства по охороні праці.

Підйом і встановлення елементів підсилювача циркуляції необхідно здійснювати механізмами відповідної вантажопід'ємності за стропові петлі.

У першу чергу необхідно змонтувати площадку для обслуговування з сходами з відповідністю до проекту. Для підготовки апарата до монтажу необхідно зрізати верхню частину апарата з відповідністю до монтажних креслень, зрізати полоси, що кріплять зонт, в зонті прорізати отвір діаметром 165мм..

В верхньому конусі корпусу апарата необхідно вирізати отвір діаметром 1000мм., через яке буде проводитись монтаж частин циркулятора, що знаходяться всередині вакуум-апарата.

Зняти спускний затвор вакуум-апарата і через його патрубок завести всередину апарата під парову камеру нижню опору. Встановити опору в робоче положення і приварити її третє ребро. З допомогою відвісу встановити нижню опору співвісно з циркуляційною трубою парової камери.

З допомогою відвісу встановити опорний фланець основи циркулятора співвісно з циркуляційною трубою і нижньою опорою.

Виставити фланець горизонтально по рівню і провести зварювання.

Опустити всередину апарата через отвір в верхньому конусі нижню частину циркулятора (без лопатей). Встановити нижній кінець її вала в підшипник нижньої опори. Встановити на місце зонт.

Покласти прокладку на опорний фланець вкрутити шпильки і встановити верхню частину циркулятора на місце.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Закріпити її постамент на фланці за допомогою шпильок і гайок.

При недостатньому запасі висоти для монтажу верхньої частини циркулятора вже зібраної, можливий її монтаж, частинами, коли встановлення верхнього вала проводиться з середини апарата. В цьому випадку монтаж нижньої частини проводиться після монтажу верхньої частини циркулятора.

Від верхньої частини циркулятора від'єднати вал, зняти вузол підшипників кочення, а також зняти втулку нажимну, кільце і набивку.

Покласти прокладку на опорний фланець вкрутити шпильки і встановити постамент верхньої частини циркулятора. Закрутити гайки.

Вал верхній опустити всередину вакуум-апарата, потім встановити його вертикально і підняти вгору сепаратор.

Коли верхній кінець вала вийде за верхню площину постаменту, надіти на нього з наступною послідовністю : кільце, втулку нажимну, корпус підшипника кочення з кільцем і підшипниками, дві гайки M130×2, прокладку кришку підшипника з кільцем, кільце.

Встановити редуктор на постаменті (рамі) на прокладках посадочним отвором над валом.. Піднімаючи вал догори, посадити редуктор на вал, об верхній кінець вала порівнявся з верхнім зрізом редуктора.

Підняти вал з редуктором вгору (з одночасним їх фіксуванням) настільки, щоб було можливо зібрати вузол підшипника кочення, закрутити гайку і контргайку M130×2, закріпити шпильками кришку підшипника кочення, закріпити гвинтами кільце.

Опустити вал з редуктором, щоб фланець корпуса підшипника кочення став на постамент (раму) , закріпити його шпильками M20×70.

Встановити редуктор, надіти і закріпити на валу кільце. Встановити на місце зонт . Опустити всередину апарата через отвір в верхньому конусі нижню частину циркулятора.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Встановити нижній кінець вала в підшипник нижньої опори. З'єднати верхній і нижній вали муфтою. Встановити лопаті на нижню частину циркулятора. Подати до внутрішньої частини апарата і встановити на місце сектори і перегородки на кільцевому циркуляційному контурі.

Знаходячись на верхній трубній решітці, прокрутити вал циркулятора руками. Впевнитись, що лопаті і шнек не задівають стінки циркуляційної труби і трубної решітки.

Вставити набивку в вузол ущільнення, вкрутити шпильки і затягнути втулку нажимну.

Встановити електродвигун, шків, відрегулювати натяг ременів.

Підключити електрообладнання згідно ПУЕ. Увімкнути привід на 10-15сек. і впевнитись в нормальній його роботі.

Циркулятор зберігається на відкритому майданчику в умовах по ГОСТ 15150-69. Щити керування повинні зберігатися в закритих складських приміщеннях в заводській упаковці.

Упаковка і консервування повинні забезпечити цілісність обладнання і комплектуючих виробів при транспортуванні і зберіганні не менше 12 місяців з моменту вивантаження.

При терміні зберігання понад 12 місяців повинно бути передбачене переконсервування обладнання. За допомогою регулювальних болтів встановлюють привід. Монтують і приварюють кронштейн нижнього підшипника і трубопровід підводу води до нього. Монтують обслуговуючі комунікації вакуум – апарата. Встановлюють запірну арматуру та контрольні - вимірювальні прилади. До нижнього днища вакуум - апарата приєднують спускний клапан.

Всі з'єднання великогабаритних конструкцій корпуса вакуум - апарата проводять методом зварювання.

При монтажі вакуум-апарата і трубопроводів особливо ретельно виконують з'єднання, що забезпечують герметичність установки (фланці, місця зварювання, вентилі, задвижки, оглядові та освітлювальні вікна інші елементи).

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Міцність і герметичність вакуум - апаратів перевіряють набиранням води, а під час проби заводу за допомогою насосу.

Вакуум-апарати розміщують так, щоб шибери було зручно обслуговувати.

Вакуум - апарат по закінченні монтажу підлягає технічній перевірці представником Держтехнагляду, або спеціальною комісією.

По закінченню перевірки вакуум - апарата результати заносять в спеціальний журнал, де вказують параметри при яких дозволено працювати вакуум – апаратіві.

4.2 Ремонт апарата[11]

Правильна і безперебійна робота вакуум- апарата залежить від:

- правильної експлуатації;
- постійного догляду в належному стані;
- постійного усунення дрібних несправностей;
- своєчасного і правильного проведення ремонтів.

Так як цукрозавод має сезонний характер роботи і під час сезону не передбачені ремонти, а лише дії, спрямовані на підтриманні вакуум-апарата в робочому стані: очищення апарата і усуненні дрібних несправностей.

По закінченні сезону цукроваріння вакуум - апарат ретельно промивають і пропарюють від залишків продукту і охолоджують. Потім проводять зовнішній і внутрішній огляд, під час якого потрібно провести ретельний огляд металевих листів, зварних швів, фланцево-болтових з'єднань, щоб встановити чи немає слідів корозії, тріщин або деформацій, які можуть послабити конструкцію.

По результату технічного огляду вирішують чи придатний вакуум-апарат до подальшої роботи або підлягає профілактичному чи капітальному ремонту.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Повне використання потужності даної установки, постійна підтримка в робочому стані основного й допоміжного устаткування досягаються при правильно налагодженій системі планово-запобіжних ремонтів (ППР).

Система планово - попереджувального ремонту включає в себе декілька видів ремонту попередній ремонт, середній ремонт, капітальний ремонт. При попередньому ремонті в агрегаті виконуються слідуєчі роботи-- очистка апарату від продукту змащування апарату та перевірка змащувальних приладів та маслопроводів, перевірка кріплення гвинтових, зварних з'єднань, заміна зношених гайок, гвинтів, шайб, шплінту вальних пристроїв. Перевірка технічного стану трубопроводів.

Середній ремонт включає в себе-- заміну швидко зношених деталей, заміну набивок та ущільнювачів, очищення від накипу ремонт змащувальних приладів, перевірка заземлення, перевірка та регулювання всіх механізмів апарату.

Капітальний ремонт заключається в чіткому огляді всіх деталей апарату з ремонтом або заміною деталей, які спричинили несправність. Мета цього ремонту — повне відновлення всіх параметрів машини, що змінилися при її експлуатації. Підготовка до ремонту вимагає забезпечення запасними частинами, матеріалами, необхідним обладнанням і т. д. При капітальному ремонті проводять повне розбирання машини. Попередньо машину чистять і миють. Потім знімають кришки з верхньої частини машини ,оглядовий люк, знімають огороження, демонтують прилади контролю і прокладок, різьбові з підмоткою льону на сурікові. Герметичність з'єднань паропроводу перевіряють подачею пари тиском 0,5-0,7 МПа Наносять теплоізоляцію на трубопроводи (теплоізоляція в комплект поставки апарату не входить).

Перевіряють правильність взаємодії механізмів машини - рух пари по трубопроводах, роботу робочих органів пристроїв для завантаження і розвантаження апарату. При будь-якому режимі роботи встаткування ремонтний цикл установлено 12 місяців, а період між черговими поточними ремонтами – 3 місяці.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Ремонт вакуум - апарата полягає в очистці парової камери від накипу. При видаленні накипу з парової камери

вакуум - апарата використовують два способи: хімічний і механічний.

Хімічний спосіб заключається в попередньому проведенні хімічному аналізу накипу та в залежності від результатів аналізу промивки парової камери лужним чи кислотним розчином.

Механічний спосіб заключається в очищенні парової камери шарожками. Також ліквідації дефектів трубопроводів. Поверхня нагріву працює без заміни близько 20000 годин.

Ремонт трубчастої поверхні нагріву складається із слідуєчих операцій:

а) огляду поверхні нагріву;

б) видалення труб, які мають пошкодження;

в) підготовка нових труб і трубної ґратки;

г) установка нових труб;

д) перевірка на герметичність проводиться гідравлічним тиском 4-6 кг/см², витримують цей тиск протягом 10 хвилин;

Якщо за станом труб необхідна їх повна заміна, то труби замінюють в такій послідовності: після вибивання старих труб їх сортують за придатністю, так як деяка їх частина може бути повторно використана. Повторне використання труб можливе шляхом відрізання зношених кінців двох труб і зварювання придатних частин між собою.

При виході з ладу підвідних та відвідних комунікацій їх ремонтують за допомогою електрозварювання після повної зупинки апарату.

Крім вказаних операцій проводять ремонт запірних пристроїв та ізоляції.

Трубну ґратку рекомендується замінити в тому випадку, коли виявляються тріщини, так як заварювання їх зазвичай не дає необхідного ефекту.

Особливістю ремонту є наявність на кожному вакуум-апараті повітряного вентиля спеціальної конструкції. Їх ремонт заключається в розбиранні корпусу, зніманні пластинчастого клапана, виготовлення нового гумового клапана і

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

встановленні його на шпинделі з допомогою металевих накладок.

Досить часто зношується різьба шпинделя повітряного клапана і гайки. Тому в кожний ремонтний період необхідно її оглянути і при виявленні зривів, тріщин або великого зносу (до 20% початкової товщини) різьбові елементи необхідно замінити. Корпуси повітряних вентилів круглої форми, які складаються з двох частин, складаються на картоні.

В кожному вакуум-апараті є пробні крани, вони повинні бути ретельно прошліфовані, так як у виробничий період вони постійно знаходяться в роботі.

Також потрібно прочистити сопла пристрою для промивання оглядових стекол і перевірити герметичність всіх з'єднань.

Заміна зношеної труби – складна операція. За трубними ґратами труби ріжуть ножівкою, а труби, розташовані з боку ґрати – спеціальною голівкою з різцем. кінці, що залишилися в гніздах ґрат, труб зубилом або бородком сплющують або вибивають. Замінювану трубу за допомогою виточеної по її зовнішньому діаметру оправлення витягають через одну із ґраток і замість неї вставляють нову, кінці якої развальцюють в ґратках або приварюють до них. Складніше замінити трубу із привареними кінцями. Для цього вручну або пневматичним молотком зрізають шов, а іноді механічно обробляють гніздо в ґратках. На практиці зношені труби замінюють новими дуже рідко; їх звичайно заглушають із двох кінців металевими пробками, що мають невелику конусність (3-5°). Число труб, що заглушуються, не повинне перевищувати 10% загального їхнього числа в пучку, що доводиться на один потік, інакше значно зростає гідравлічний опір і помітно зменшується поверхня теплообміну.

Зношені ділянки корпуса виявляють за допомогою гідравлічного опресування або ультразвукового дефектоскопа. Виявлені ділянки свердлять для того, щоб виміряти залишкову товщину звичайними вимірювальними інструментами. Корпус ремонують, накладаючи на його зовнішню поверхню латки з листової сталі тієї ж марки, з якої виготовлений корпус. Латки приварюють внакладку. Розміри латки, що накладається, повинні бути такими,

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

щоб, по-перше, вона повністю покривала зношена ділянка і, по-друге, зварювання припадало на ділянки корпусу з достатньою товщиною.

Після ремонту випарний апарат піддають обпресуванню при знятих кришках, потім кришки навішують і закріплюють. Усі муфти й вентиля в корпусі й кришках повинні бути очищені.

Зібраний апарат піддають остаточному обпресуванню водою. Спочатку обпресовують на контрольний тиск міжтрубний простір (корпус) при відкритих спускних муфтах на кришках, потім з нього повністю спускають воду й при відкритих спускних муфтах на корпусі обпресовують трубний простір. Величина контрольного тиску звичайно вказується в паспорті апарата. При відсутності в паспорті цих даних корпус апарата випробовують як ємність, а трубний простір – на подвоєний робочий тиск. Відсутність течі через спускні й фланцеві з'єднання свідчить про надійну щільність і міцності. Після зняття заглушок апарат здають в експлуатацію, що оформляється відповідним актом.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

5 Охорона праці[13]

Проектування, виготовлення, монтаж і експлуатація випарних апаратів повинна відповідати вимогам діючих «Правил виготовлення безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» і технічним умовам на апарати.Вакуум-випарні апарати, повинні бути обладнані такою арматурою :

- а) запірними засувками для відключення апаратів від трубо-проводів;
- б) мановакуумметрами на паровій камері й надсоковому просторі з мітками припустимого тиску;
- в) запобіжними клапанами, які встановлені на паровій камері й надсоковому просторі апаратів;
- г) термометрами для виміру температури в паровій камері й надсоковому просторі апаратів;
- д) повітряним краном, необхідному при гідравлічних випробуваннях;
- е) засобами автоматичного регулювання відповідно до проектної документації;
- ж) фланцевими з'єднаннями для установки заглушок.

У конструкції випарних апаратів повинні бути:

- а) вузли для підключення датчиків рівня соку;
- б) штуцери для підключення комунікацій реагентів хімічного очищення (розчин соди й кислоти, а також люки-лази із кришками);
- в) обладнання для гасіння піни в соковому просторі.

Вакуум-випарні апарати повинні бути обладнані оглядовими стеклами – ілюмінаторами.Стекло оглядових ілюмінаторів повинне бути жаростійким і відповідати за ДСТ 21836-88.Оглядові стекла корпусів, що працюють під тиском, слід обладнати запобіжною сіткою.Конструкція вакуум-випарного апарата повинна передбачати заміну трубок, що гріють, через люк у верхній частині апарата без демонтажу внутрішнього сепаратора.Апарати повинні бути укомплектовані обладнаннями для подйому і опускання нижніх днищ . Днища апаратів повинні відповідати ДЕРЖСТАНДАРТ 6533-78.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

У комплект поставки повинні входити: апарат виготовлений і укомплектований у відповідності специфікації монтажних рисі-жей, запасні частини й інструмент, матеріали й деталі, які знімаються при транспортуванні.

Відкриття, огляд, очищення апаратів, ємностей, трубопроводів і іншого устаткування на ділянках пов'язаних з виділенням вибухонебезпечних, токсичних газів, горючих рідин, пар, а також роботи в колодязях, повинні проводитися тільки після одержання на це вбрання-допуску, за винятком аварійних випадків, передбачених у плані ліквідації аварій і під безпосереднім безперервним доглядом фахівців.

Для проведення планово - попереджувальних ремонтів (ППР), ліквідації аварій, повинні бути розроблені з обліком місцевих умові затверджені власником інструкції з охорони праці і схеми відключення апаратів від водяних, парових, продуктових, газових і інших комунікацій.

Ємність, яку потрібно відкрити для внутрішнього огляду, очищення, ремонту повинна бути охолоджена, звільнена від продукту, промита, а при необхідності, пропарена гострою парою, продута інертним газом і повітрям, відключена за допомогою заглушок від діючої апаратури і системи трубопроводів . Заглушки із хвостиками повинні бути встановлені на всі без винятку комунікаціях, підведених до ремонтованої ємності.

Ємність, нагріта в процесі експлуатації, перед проведенням газонебезпечних робіт повинна бути охолоджена до температури, що не перевищує 30°C.

Чищення резервуарів ємностей і іншої апаратури проводиться за допомогою ефективних технічних засобів, які не вимагають присутності при цьому людей. Роботи із чищення, огляду або ремонту ємностей , проводиться бригадою в складі не менш 2 людей (працюючий і спостерігач), не враховуючи відповідальної особи за проведення газонебезпечних робіт.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

У ємностях дозволяється працювати одній людині . При необхідності роботи в ємності двох або більш людей, повинні бути прийняті додаткові заходи безпеки, які визначаються на місці проведення робіт і записуються в наряді-допуску .За кожним працюючим у ємності слід закріпити спостерігача, який повинен перебуває біля ємності в такому ж екіпіруванні, що і безпосередній роботі, що виконується (ізолюваний проти газу у положенні «готовність»).

Робітник, який перебуває в середині апарата, повинен бути забезпечений спецодягом і спецвзуттям, рятувальним поясом із прикріпленою до нього мотузкою. Мотузка повинна мати вузли через кожні 0,5 метра й надійно, іншим кінцем прив'язана до трубопроводу, перилам або іншим закріпленим предметам. Другий робітник (спостерігач) повинен постійно перебуває зовні апарата, біля люка-лазу. Допуск робітників в середину апарата, який має верхній і нижній люки, потрібне робити через нижній люк, а спуск у резервуар, який не має нижнього люка – через верхній люк, по стаціонарній внутрішній драбині, або персональним сходам, які мають зверху гачки для зачеплення за люк. В аварійних випадках, роботах в апаратах з недостатнім обміном повітря, а також при наявності в апарату задушливого або отруйного газу, робітник повинен мати справний шланговий проти газу з гофрованим шлангом, який виходить із апарата не менш чому на 2 м. Кінець шланга виведений у зону чистого повітря і закріплений на надалі обранім місці. Використовувати фільтруючі протигази не дозволяється, час перебування робітника в проти газі, без перерви, не повинен перевищувати 15 хвилин, потім робітник повинен відпочити на чистім повітрі не менш 15 хвилин . Переносні електричні світильники й електроінструменти повинні відповідати вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.013-91.

При обслуговуванні вакуум-випарних станцій необхідно остерігатися опіків гарячим продуктом і порою.

Вакуум-апарати і трубопроводи до них повинні бути надійно тепло-ізолювані. При несправності або розриві оглядового скла, потрібно закрити

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентилі пари, що гріє, і соку на даному корпусі . І до ремонту або заміни скла приступати після зниження тиску . Виварення вакуум-випарних апаратів, щоб уникнути скупчення вибухонебезпечних газів, повинна проводитись при роботі повітряного насоса.

Під час виварення й огляду корпусів зсередини, щоб уникнути вибухів газів, користуватися відкритим вогнем забороняється . Забороняється перевищувати в апарату нормативний тиск і температуру . Уся апаратура й трубопроводи повинні бути герметичні й справні .Не дозволяється працювати без запобіжних клапанів, манометрів, термометрів.

Усі резервуари, що працюють під тиском вище 0,7 атм, підлягають обов'язкової реєстрації в Інспекції Держтехнагляду контролю за ними, в період експлуатації .Інспекції повинна раз у три роки опосвідчувати придатність обладнання до експлуатації.

Розрахунок вентиляції дільниці[13]

Як відомо, випарні апарати при роботі виділяють дуже багато тепла, незважаючи на якісну ізоляцію.

Для створення прийняттого мікроклімату на робочім місці обслуговуючого персоналу, застосовується примусова вентиляція . Будівля, у якій перебуває вакуум-випарна станція, на даху обладнується вентиляційним ліхтарем, з вікнами, що відкриваються, 2×1,5 м по всій довжині ліхтаря, по обидва боки, які відкриваються в міру необхідності, для видалення надлишків тепла.

Приплив свіжого повітря подається за допомогою наддування вентилятором через металевий короб круглого перетину, прокладений по всій довжині цеху, на висоті 2,05 м над підлогою ,внизу коробки прорізані вентиляційні вікна,

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

обладнані напрямними лопатками для регулювання ступені наддування по місці.

Схема роботи така:, що нагнітається повітря з надлишковим тиском 80-100 мм.вод.ст.виходить через вентиляційні вікна короба, обдуває простір проходу, вздовж вакуум-випарних апаратів, захоплює нагріте повітря й, піднімаючись нагору до вентиляційного ліхтаря, видаляється в атмосферу.

Визначимо об'єм приміщення, де встановлено вакуум-випарна станція з п'ятиапаратів.

Довжина цеху – 45 м; висота – 15 м; ширин апрольоту – 13 м.

$$\text{Об'єм приміщення: } V_{\text{пом}}=45 \times 15 \times 13=8775 \text{ м}^3. \quad (5.1)$$

З урахуванням коефіцієнта заповнення устаткуванням, повітряне простір становить: $V_{\text{пом}}=8775 \times 0,3=2633 \text{ м}^3$.

Витрата вентиляційного повітря визначається по кількості теплових виділень апаратів і трубопроводів:

$$Vq=10-3 \times Q_{\text{п}}/\rho(t_{\text{в}}-t_{\text{пр}}) \quad (5.2)$$

Де: Vq – витрата вентиляційного повітря $\text{м}^3/\text{з}$;

$Q_{\text{п}}$ - виділенн яв приміщенні явної повної теплоти;

$t_{\text{в}}$ – температура повітря, що віддається, =45 С;

$t_{\text{пр}}$ – температура приточного повітря=15°C;

ρ – щільність повітря=1,239кг/м³.

Виділення теплоти апаратами ухвалюємо згідно даним таблиці: максимально припустимих втрат тепла через ізоляцію плоских поверхонь по даним ОРГРЭС.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Втрати тепла з 1 м^2 зовнішньої поверхні ізоляції присередній температурі 100°C складуть 100 ккал/м²година. Переведемо цю величину у $\text{Вт}\cdot\text{час}=3600$ Дж.

Тоді втрати тепла с 1 м^2 ізолюваної поверхні зовнішньої стінки вакуум-випарного апарата складуть:

$$100 \times 4,19 \times 103 / 3600 = 116 \text{ Вт}\cdot\text{час}$$

Визначимо сумарну випромінюючу тепло площу 5-ти корпусів вакуум-апаратів. При установочному розмірі над підлогою вакуум-апарата $h=10$ м; при діаметрі апарата 4 м, визначимо площа поверхні 4-рьох вакуум-апаратів:

$$S = 5 \times 2\pi rh = 4 \times 2 \times 3.14 \times 2 \times 10 = 628 \text{ м}^2 \quad (5.3)$$

Кількість виділеного тепло складе:

$$Q_{\text{п}} = 628 \times 116 = 72848 \text{ Вт}\cdot\text{час}$$

Визначаємо витрата вентиляційного повітря:

$$V_q = 3600 \times (10 - 3 \times 72848 / 1,239(45 - 15)) = 6761 \text{ м}^3 \cdot \text{час}$$

Виходячи з цих даних, у відповідності до існуючих таблиць вибираем тип вентиляційної установки: тип установки ВД-10.

Технічні дані вентиляційної установки:

Продуктивність – від 5500 до 15500 м³·час;

Напір повітря в трубопроводі колектора – 100 мм.вод.ст.;

Потужність двигуна – $4,6$ кВт;

Швидкість обертання робочого колеса – 485 об./хв.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Висновки

При виконанні кваліфікаційної розроблений вакуум-апарат для уварювання цукрового утфелю з паровою камерою та центральною циркуляційною трубою.

В роботі описано технологічну схему уварювання цукрового утфелю , обґрунтовано теоретичні основи процесу.

Складено матеріальні і теплові баланси. Проведено технологічні і конструктивні розрахунки , вибір допоміжного обладнання , визначений гідравлічний опір апарата.

Розрахунками на міцність підтверджена працездатність апарату.

В розділі з охорони праці приведено необхідні вимоги до апаратів для забезпечення безпечних умов їх експлуатації та проведенні монтажних і ремонтних робіт.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Интенсификация процесса уваривания утфелей /В.Т. Гаряжа, В.Р. Кулинченко, Ю.Г. Артюхов и др. М: Легкая и пищевая промышленность, 1981-152с.

2 Гулий І.С., ОрловЛ.О.. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості /За ред. академіка Гулого І.С./ – Вінниця – Нова книга, 2001, - 575с

3. Ведомственные нормы технологического проектирования свеклосахарных заводов. – М.: Минпищепром СССР, 1985. – 201с.

4. Азрилевич М.Я. Оборудование сахарных заводов. – М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. – 392с.

5. Малежик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв.Курсове проектування, - К.: НУХТ., 2012. – 543с.

6. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов, - М.: Пищевая промышленность, 1969. – 528с.

7. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства. – М.: Агропромиздат, 1986. – 431с.

8.Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості,Нова книга 2004-282 с;

9.Лацинский А.А, Толчинский А.Р. Основы конструирования й розрахунків хімічної апаратури. - М.: Машгиз, 1963.

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.

12. Методика расчета выпарной установки. Копия главы 4 из книги "Основы процессов и аппаратов химической технологии," (Под ред. Ю.И.Дыгнерского, 2-е изд., перераб. и дополн.-Москва., Химия. 1991.)-Сумы., СумГУ. 2

13.Основы охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець та ін.// К.: Основа, 2000. – 416 с.

					ПОХНВ. В.00.00.00.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		