

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

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

Тема роботи: Кристалізаційна установка у виробництві
цукру - піску . Розробити вакуум-апарат для уварювання
utfелю першої кристалізації .

Виконав:
студент групи ХМдн-54-чк
Лобода Владислав Юрійович

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

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

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

Курс 3 Група ХМдн-54-чк Семестр

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Лобода Владислав Юрійович

1 Тема проекту: Кристалізаційна установка у виробництві цукру-піску.
Розробити вакуум-апарат утфелю першої кристалізації.

2 Вихідні дані: Розробити кристалізаційну установку. Продуктивність 8000т
перероблюваного буряка на добу. Вміст сухих речовин(% мас.):початковий-65,
кінцевий -91; вихід утфеля першої кристалізації-14.11.

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

- | | |
|---|------------|
| 1. <u>Технологічна схема кристалізаційної установки</u> | – 1, 0арк. |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Складальні креслення вузлів</u> | – 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.Малежик І.Ф. Процеи і апарати харчових
виробництв.Курсове проектування/ І.Ф.Малежик. –К. :НУХТ,2012. –544с.

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 2019 р.

Керівник

ст. викл.Корнієнко В.М.

підпис

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Технологічна частина	
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	6
1.2 Теоретичні основи процесу.....	9
1.3 Опис об'єкта розробки та вибір основних конструктивних матеріалів.....	12
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу.....	17
2.2 Технологічні розрахунки.....	20
2.3 Конструктивний розрахунок.....	22
2.4 Гідралічний опір апарата.....	24
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	28
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1 Визначення товщини стінок і кришки.....	30
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	33
3.3. Розрахунок і вибір опори.....	43
4 Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	50
4.2 Ремонт апарата.....	53
5 Охорона праці.....	60
Висновки.....	67
Список літератури.....	68
Додаток - Специфікації	

					ПОХНВ.К.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лобода			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Корнієнко			3	68	
Н. контр.		Корнієнко			СумДУ, гр. ХМдн-54чк		
Затв.		Складінський					

Кристалізаційна установка у виробництві цукру-піску. Розробити вакуум-апарат утфелю першої кристалізації.

ВСТУП

Більшість підприємств харчової галузі потребують докорінного оновлення технічної бази. Мова йде про впровадження сучасного високопродуктивного обладнання і новітніх технологій, широке залучення наукового потенціалу.

Розвиток харчової промисловості потребує інтенсифікації технічних процесів, зменшення витрат палива, електроенергії на її виконання, витрат матеріалів на виготовлення машин і апаратів. Технічна база підприємства харчової промисловості за останні роки значно змінилася. Поряд з обладнанням, змонтованим у попередні роки, з'явилися зразки обладнання, виготовлені українськими машинобудівними заводами, поставлені зарубіжними фірмами, спільними підприємствами.

Випуск високоякісної харчової продукції можливий лише за умови використання сучасних видів технологічного обладнання. 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. Перш за все, це оснащення підприємств досконалыми високопродуктивними та автоматизованими технологічними лініями, обладнанням, устаткуванням на рівні кращих світових зразків, які спроможні забезпечити виробництво якісної продукції.

Основним завданням науково-технічного прогресу в цукровій промисловості є зниження питомих витрат сировини, палива, вапнякового каміння та інших матеріалів; збільшення виходу продукції та поліпшення її якості, завдяки впровадженню нових технологій; створення та забезпечення галузі високопродуктивним автоматизованим обладнанням; висока організація оптимального проведення технологічних процесів цукрового виробництва та поліпшення умов праці і охорони навколишнього довкілля.

Так на цукрових заводах для покращення умов проходження процесу кристалізації намагаються періодичний процес уварювання утфелю замінити

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

ВАТ «Хутірське» - (колишній Лохвицький цукро завод). Його виробнича потужність дозволяє переробляти до 10 тисяч тонн цукрового буряка за добу, випускаючи при цьому, понад, тисячу тонн цукру.

На цукроприймальних пунктах здійснена механізація складів, майданчика із твердим покриттям для зберігання буряка із застосуванням активного вентилування.

Роботи з удосконалення й реконструкції підприємства проводяться фахівцями підприємства в співробітництві з науково-дослідними інститутами. У заводу є можливості для росту – створена потужна продуктивна база, що дозволяє розбудовувати підприємство. Питання полягає в нестачі сировини і реалізації продукції.

Цукор займає важливе місце в раціоні харчування людини. Приблизно, половина енергії, що витрачається людиною, заповнює вуглеводами, 1/3 з яких – цукром.

Відходи цукрового виробництва: патока і жом, використовуються в спиртовій промисловості й тваринництві. Так патока є основною сировиною для виробництва спирту на спиртзаводах, а жом, сирий або гранульований, іде на корм худобі.

Цукор широко використовується як населенням, так і всією харчовою промисловістю.

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

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми виробництва[1]

Виробництво цукру-піску на цукробурякових заводах здійснюється по типових технологічних схемах. Типові технологічні схеми розробляються на основі сучасних досягнень науки й техніки за умови одержання вироблюваного продукту високої якості. Для виконання окремих операцій у технологічній схемі застосовується типове технологічне встаткування.

При прийманні цукрового буряка на завод, сировинна лабораторія проводить аналіз одержуваного буряка. Технологічна якість цукрового буряка характеризується рядом показників, з яких основними є цукристість і чистота бурячного соку буряка, вони взаємозалежні: зі збільшенням цукристості підвищується і його чистота.

Приймання цукрового буряка, відбір зразків, визначення забруднення й цукристості проводять відповідно до вимог ДЕРЖСТАНДАРТ 17421-82 "Буряк цукрова для промислової переробки. Вимоги при заготівлях договору, контракції й інструкції із приймання, зберіганню й обліку цукрового буряка".

Буряк частково відмивається від домішок у гідравлічному транспортері. Для остаточного очищення буряка від забруднень і додаткового відділення важких і легких домішок застосовуються бурякомийки. Для витягу цукру з буряка дифузійним способом буряку необхідно додати вид стружки. Процес одержання стружки з бурячного кореня здійснюється на бурякорізках за допомогою дифузійних ножів, установлених у спеціальних рамках. Продуктивність бурякорізок можна регулювати зміною частоти обертання ротора або кількістю працюючих ножів. Після того, як буряк був порізаний у стружку, стружка по стрічковому транспортері направляється до дифузійного апарата, попередньо роблять зважування стружки стрічковими вагами. Найважливіша вимога,

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

пропонована до дифузійних апаратів - це строге дотримання принципу проттоку соку й стружки при рівномірному заповненні всього апарата.

Гарна робота дифузійного апарата можлива тільки на стружці високої якості. Стружка не повинна перемішуватися в ході процесу, а лише переміщатися, якщо в апараті є транспортуючі пристрої. Для одержання дифузійного соку високої якості в апараті варто підтримувати певну температуру, а тривалість дифундування повинна бути оптимальною. Дифузійний сік - полікомпонентна система. Він містить сахарозу й нецукри, представлені розчинними білковими, пектиновими речовинами й продуктами їхнього розпаду, що редукують цукрами, амінокислотами й ін.

Всі нецукри в більшій або меншій мірі перешкоджають одержанню кристалічної сахарози і збільшують втрати сахарози з малясою. Тому однієї з найважливіших завдань технології цукрового виробництва є максимальне видалення нецукрів із цукрових розчинів. Для рішення цього завдання застосовуються фізико-хімічні процеси очищення. Нецукри дифузійного соку різні по хімічній природі й у силу цього мають широкий спектр фізико-хімічних властивостей, що спричиняється різною природою реакцій, що приводять до видалення їх з осаду. При використанні як реагенти для очищення гідроксида кальцію й диоксида вуглецю здійснюються реакції коагуляції, осадження, розкладання, гідролізу, адсорбції й іонообміну.

За значенням виконуваних функцій, складності й вартості в тепловій схемі центральне місце займає випарна установка, що складається з окремих апаратів. Чотирьох корпусна випарна установка з концентратором відрізняється підвищеною стійкістю в експлуатації й високою тепловою економічністю, завдяки великій кратності використання її вторинних пар. Ця випарна установка в цей час прийнята в якості типової.

Сік II сатурації повинен бути згущений до сиропу зі змістом сухих речовин до 65-70% при первісному значенні цієї величини 14-16%. Випарна установка дозволяє витратити на згущення соку 40-50% пари до маси всього соку за рахунок багаторазового використання парового тепла.

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

Для створення розрідження в останньому корпусі й концентраторі і видалення газів, що не конденсуються, із системи в схему включена конденсаційна установка, що складається із двох щаблів: предконденсатора, основного конденсатора, каплеловловлювачів, збірників барометричної води й компресора.

У сокоочисному відділенні з дифузійного соку віддаляється близько 1/3 нецукрів, інші нецукри разом із сахарозою надходять у продуктове відділення, де більша частина сахарози викристалізовується у вигляді цукру-піску, а нецукри залишаються в межкристальному розчині.

В даній схемі сироп після випарної станції поступає в збірник 1 звідки надходить в колектор, де змішується з білою патокою з збірника 2, і потім надходить у вакуум-апарат першого продукту 3, де упарюється при температурі 70-75 °С і упарюється до 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.

Не сконденсовані пари з парової камери вакуум-апарата приділяються на барометричний конденсатор. 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 в центрифуг 7, де його фугують відбором двох відтіків – білої патоки та зеленої патоки в результаті промивки кристалів цукру піску водою температурою 70-95° С. Після відділення першого відмітку (зеленої патоки) відфугований цукор пробілюють (при цьому утворюється другий відтік - біла патока) водою, перегрітою до температури 115-120°С і подаваної в кількості 2-3% до маси фугованого утфеля. Різність відтоків повинна складати 5-7%.

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

Білу патоку направляють в збірник білої патоки 10 і відцентровим насосом направляють в збірник 2 перед вакуум-апаратом 3. Зелену патоку направляють в збірник 11 і відцентровим насосом зеленої патоки 12 далі на випарювання.

Цукор-пісок вологістю 0,8% вивантажують на вібраційний конвеєр 13 і далі подають на сушку.

Метою сушіння є видалення поверхневої вологи й забезпечення тривалого зберігання кристалічного цукру. На сушіння направляється цукор з $t=60^{\circ}\text{C}$ після центрифугування й вологістю 0.8-1.2%.. Вологий цукор піднімається елеватором 14 і попадає в сушильну частину установки, де висушується гарячим повітрям ($t=105^{\circ}\text{C}$).

1.2. Теоретичні основи процесу[1]

Процес уварювання утфелю складається з чотирьох основних етапів:

Згущення сиропу до заведення кристалів. Після набору необхідної кількості сиропу в апарат, відбувається випаровування під розрідженням при температурі $68-70^{\circ}\text{C}$, що дає можливість знизити розклад цукрози, а також прискорити швидкість випаровування води. При згущенні сиропу до 80-82% сухих речовин, температура підвищується до $72-73^{\circ}\text{C}$.

Заведення кристалів цукру. При коефіцієнті пересичення 1,2-1,3, коли система нестабільна, виникає момент для найкращого заведення в апарат центрів кристалізації. Для цього температура в апараті підвищується і через пробний кран вводиться затравка. Заводка кристалів і припинення їх додаткового утворення впливають на якість цукру. Чим більше центрів кристалізації утворюється під час заводки, тим менше будуть їх розміри, і навпаки. Утфель, в якому нарощені великі кристали, легше центрифугується і пробілюється, але довше уварюється і при цьому більш можливе випадання „муки”. Як тільки в масі утфелю, що уварюється, з'явиться достатня кількість кристалів, у вакуум-апарат у 2/3 прийому підкачують сироп, знижуючи коефіцієнт пересичення до 1,08-1,1. При

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

цьому коефіцієнті нові кристали не з'являються, а лише збільшуються. Подальше нарощування відбувається при температурі не більше 75°C.

Нарощування кристалів цукру. Тут необхідно проводити систематичну підкачку сиропу, підтримуючи коефіцієнт пересичення на рівні 1,08-1,1.

Згущення та випуск утфелю з апарату. Після того, як у апарат надійшла остання підкачка, проводять остаточне згущення утфелю, яке необхідне для повного знецукрення міжкристалевого розчину. Воно проводиться до досягнення СР 92-92,5%. При цьому маса кристалів збільшується до 54-56% до маси утфелю. Подальше згущення недоцільне тому, що з такого утфелю вода буде випаровуватись повільно.

Найбільшого поширення набули двоступінчата і тріступінчата схеми продуктового відділення. Раціональна технологічна схема продуктового відділення повинна мати стільки ступенів кристалізації, щоб сумарний ефект кристалізації складав 30–33%, а коефіцієнт заводу складав би 80% при середній якості буряка.

До переваг тріступеневої продуктової схеми даного заводу можна включити вищий вихід (37%) і високу якість одержуваного товарного продукту.

Початковою сировиною для продуктового відділення є сульфітована суміш сиропу з клеровкою цукрів II кристалізації і цукру-раффінаду III кристалізації з чистотою не менше 92%. Найефективнішим для утворення центрів кристалізації є використання кізельгурової пасти (кізельгур - пухка форма діатоміту).

З цієї суміші у вакуум-апаратах I продукту уварюють утфель I кристалізації до масової частки сухих речовин 92,5%, при цьому вміст кристалів в утфелі складає 55%.

Уварювання здійснюють у вакуум-апаратах періодичної дії, тому після уварювання утфель вивантажується в буферну проміжну ємність приймальної мішалки. Після вивантаження апарат пропарюється екстра-паром I корпусу випарної установки і пропарка направляється в клеровочну мішалку. Якщо пропарка проводиться ретурним паром, то її можна направляти в приймальну мішалку, де при змішуванні з утфелем розчиняється близько 2–3% кристалів. [2]

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

Утфель центрифугують гарячим (70–75°C). 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, де створюється запас для уварювання утфеля II.

Різниця доброякісності відтоків повинна бути 5–7 одиниць.

Перші вакуум-апарати з циркуляторами отримані шляхом переустаткування існуючих вакуум-апаратів і обладнання їх мішалками. Вакуум-апарат зі шнековою мішалкою (рис.1.1) отриманий з існуючого вакуум-апарата з підвісною камерою шляхом ліквідації кільцевого циркуляційного простору із заміною його елементами, що гріють, і встановлення всередині центральної опускної труби шнека з приводом на кришці апарата. Апарат проробив один сезон і показав гарні результати. [2]

Подібні конструкції вакуум-апаратів з кільцевим циркуляційним простором і циркуляторами у виді шнека і пропелерної мішалки неефективні, тому що мішалки нагнітають утфель вниз у підтрубний простір. Для використання створюваного ними додаткового рушійного напору циркуляції необхідно ліквідувати кільцевий опускний канал.

Більш ефективні конструкції вакуум-апаратів з однією центральною циркуляційною трубою, у якій встановлені аксіальнопотоківі циркулятори. В одній з них циркулятор мав чотири мішалки, змонтовані на одному валу на різній висоті, з направляючими перегородками, встановленими під мішалками. Привід циркулятора змонтований на кришці вакуум-апарата.

Вакуум-апарат пропрацював задовільно при частоті обертання мішалки 100 об/хв з електродвигуном потужністю 75 кВт, але через часті перевантаження частота обертання була знижена до 50 об/хв, що значно зменшило споживану

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

потужність. Час уварювання після установки циркулятора зменшився майже вдвічі, якість утфеля була задовільною. В іншій конструкції вакуум-апарату мішалка встановлена внизу опускної труби. Привід розміщений під вакуум-апаратом і включає електродвигун постійного струму, що обертається з перемінною частотою 600 - 1800 об/хв, і редуктор з передаточним числом 15. При роботі апарату коефіцієнт теплопередачі збільшився на 25%, для утфелю І продукту і на 50% - для останнього продукту. Споживана потужність зростала зі збільшенням частоти обертання від 5,7 до 24,5 кВт.

1.3 Опис об'єкта розробки та вибір основних конструктивних матеріалів [2]

В цукровій промисловості застосовують різні типи вакуум-апаратів, це пов'язано з пошуками більш досконалих конструкцій, які б задовольняли всі вимоги технології та мали не складну конструкцію. Всі вакуум-апарати можна класифікувати за такими ознаками:

- по принципу дії - на періодичні та безперервні;
- по конструкції корпусу – на циліндричні та сферичні;
- по просторовому розташуванню – на вертикальні та горизонтальні;
- по конструкції поверхні нагріву – на вакуум-апарати з змієвикою поверхнею, кільцевою та трубними камерами;
- по виду циркуляції утфеля – з закономірною та штучною.

Незалежно від конструкції всі вакуум-апарати повинні відповідати наступним вимогам:

а) продукт повинен вварюватися до необхідного вмісту сухих речовин при заданій температурі і часові;

б) конструкція нагріву повинна забезпечувати закономірну циркуляцію продукту, без утворення застійних зон утфеля та мати високий коефіцієнт теплопередачі;

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

- в) спускний отвір повинен легко відкриватися і щільно закриватися;
- г) сепаруючий простір повинен надійно відділяти залишки продукту від вторинної пари при невеликому гідродинамічному опорі;
- д) вакуум-апарати повинні бути оснащені відповідною арматурою та контрольно-вимірювальними приладами.

На цукрових заводах України для уварювання утфеля, в якості типових, застосовують вакуум-апарати періодичної дії, циліндричної форми з трубчатою паровою камерою і закономірною циркуляцією утфеля. Це вакуум-апарати ВАА - 400, ВАЦ - 600, ВАЦ - 800 Відповідно на 40, 60 ,80 тонн утфеля. Вони мають принципово однакову конструкцію і відрізняються розмірами та деякими конструктивними деталями.

Вакуум-апарат являє собою циліндричний вертикальний посуд зварної конструкції з конічними днищами. Вакуум – апарати мають надутфельний простір, який збільшує дзеркало випарювання, що покращує процес уварювання порівняно з вакуум – апаратами з нормальним надутфельним простором.

Апарат складається з верхньої частини , конічного дна, парової камери опори , спускного отвору . Верхня частина апарата являється над паровим простором і слугує для набору уварюючого продукту. Діаметр її більше нижньої частини. З'єднання з нижньою частинною здійснюється за допомогою перехідного конусу. 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 1 , що має конічні 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 однолатні, конічні.

Апарат складається з верхньої частини 4, конічного днища 2, парової камери1, опори , спускного отвору8 .

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

Верхня частина апарата являється над паровим простором і слугує для набору уварюваного продукту. Діаметр її більше нижньої частини. З'єднання з нижньою частиною здійснюється за допомогою перехідного конусу. До верхнього дна підвішена вловлювач-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 у верхній частині 4 апарата.

По центру камери встановлена циркуляційна труба. Гріючий пар через три штуцера А, розташовані під кутом 120° , 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 утфільна 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 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 8 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

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

вентиль, з'єднуючи апарат з атмосферою. Після цього відкривається спускний затвор, призначений для спуску утфелю з вакуум апарата в подальшу переробку.

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).

При нормальному тиску 20 кгс/см² сталь Ст5 має найбільшу зносостійкість в утфелі в парі тертя з чавуном СЧ 25 – 32 і бронзою Бр. АЖ9-4; в парі з бронзою Бр. ОЦС 5-5-5, латунню Л62 і бабітом БН вона зношується на 33 – 40 % більше, чим в парі з чавуном.

З матеріалів контртіла найбільшою зносостійкістю в цих умовах є бронза Бр. ОЦС 5-5-5. Її зношення майже в 2 рази менше, чим зношення чавуна. Латунь Л 62 в утфелі зношується приблизно в 1,3 рази більше, чим бронза Бр. ОЦС 5-5-5, але в 1,5 менше, чим чавун.

Найбільшу зносостійкістю в утфелі при нормальному тиску 20кгс/см² мають пари тертя Ст5 з бронзою Бр.ОЦС 5-5-5 і латунню Л 62.

При підвищенні нормального тиску до 40 кгс/см² зношення металів, особливо кольорових, збільшується. В цих умовах пари тертя Ст5 – Бр.ОЦС5-5-5 і Ст.5 – Л 62 практично не мають переваг перед парою Ст5 – СЧ 15 – 32.

Зносостійкість пари тертя чавун – чавун в обох випадках нижче зносостійкості пари сталь – чавун. Найменш зносостійкими в утфелі є пари тертя Ст 5 – Бр. АЖ9-4 і Ст 5 – БН.

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.

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

При нормальному тискові 20 кгс/см² для більшості випробуваних металів ведучим є абразивне зношення; в парі тертя Ст 5 – Бр.АЖ9-4 абразивному зношенню допомагає зчеплення. Із збільшенням тиску до 40 кгс/см² інтенсифікується процес зчеплення сталі з бронзою Бр.АЖ9-4, а в парях тертя сталі з бронзою Бр.ОЦС 5-5-5 і латунню Л 62 зчеплення сприяє абразивному зношенню.

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. В корозійному відношенні бронза Бр.ОЦС 5-5-5 і латунь Л 62 при нормальному тиску 20 кгс/см² зношуються в утфелі менше чавуна, а чавун менше сталі. Зношення бронзи Бр.АЖ9-4 відбувається в основному в результаті зчеплення, а зношення бабіту БН - через наявність досить м'якої основи.

При підвищенні нормального тиску до 40 кгс/см² зменшується товщина прошарку міжкристальної рідини між поверхнями, що труться, і в парах тертя сталі з бронзами Бр.ОЦС 5-5-5 і Бр.АЖ9-4 і латунню Л 62 відбувається інтенсивне зчеплення і абразивне зношування. В цих умовах ведуча роль в зношенні належить механічним процесам.

Проаналізувавши дані досліди, для виготовлення частин циркулятора, що мають контакт з утфелем приймаємо такі матеріали :

1. Верхній і нижній вали циркулятора виготовляємо з сталі 45 ГОСТ 1050-74;
2. Муфту виготовляємо з сталі 45 ГОСТ 1050-74;
3. Лопаті виготовляємо з сталі Ст3 ГОСТ 380-88 ;
4. Гріючу камеру виготовляємо штампуванням і зварюванням зі сталі Ст3 ГОСТ 380-88;

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу

Визначаємо масу однієї варки утфеля на всіх вакуум-апаратах першого продукту, по формулі [4]

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

звідки

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

де A – маса буряка, кг.

$a = 14,11 \%$ - вихід звареного утфеля до маси буряка, Z – тривалість одного повного обороту апарата, хв.

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

$$Z = 300 + 25 = 325 \text{ хв}$$

де $z_1 = 300$ хв. – тривалість активної роботи апарата; [4].

$z_2 = 25$ хв. – тривалість допоміжних операцій; [4].

$$G_y = 8000 \cdot 14,11 \cdot 325 / (1410 \cdot 100) = 260 \text{ т} \quad (2.3)$$

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

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

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

де n – кількість вакуум – апаратів.

$m = 80$ т – продуктивність вакуум – апарата

$$n = 260 / 80 = 3,3$$

Приймаємо до встановлення 4 вакуум – апарати та один резервний.

Визначаємо корисний об'єм одного апарата (в m^3), по формулі [4].

$$V_{\pi} = G / \rho \quad (2.5)$$

де $\rho = 1426$ кг / m^3 - об'ємна маса утфеля [3].

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

Визначаємо масу сиропу у апараті по формулі:

$$G_c = G \cdot (B_{\kappa} / B_{\pi}) \quad (2.6)$$

де $B_{\pi} = 65\%$ - початковий вміст сухих речовин.

$B_{\kappa} = 91\%$ - кінцевий вміст сухих речовин.

$$G_c = 80000 \cdot (91 / 65) = 120000 \text{ кг}$$

Визначаємо витрати вторинної пари за формулою:

$$W = G - G_c / t \quad (2.7)$$

Де $t = 12150$ с-час уварювання утфелю першого продукту.

$$W = 112000 - 80000 / 12500 = 2,63 \text{ кг}$$

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

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

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

де $r = 2354.78$ кДж / кг – скрита теплота пароутворення [3]

$$Q = 2,63 \cdot 2354.78 = 6193,1$$

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

$$G_n = Q / r_n = 6193,1 / 2216 = 2,8 \quad (2.9)$$

де $r_n = 2216$ кДж / кг – скрита теплота конденсації [5].

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

$$F = Q / (\Delta t \cdot k) \quad (2.10)$$

де $k = 2338$ кДж / (м² · г · °С) = 649.4Вт/м²·°С -коефіцієнт теплопередачі [1, с. 119].

$t_n = 115^\circ\text{C}$ – температура гріючої пари [4].

$t_y = 6^\circ\text{C}$ – температура кипіння утфеля [4].

Δt – середня різниця температур, °С.

$$\Delta t = t_n - t_y = 115 - 76 = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$F = (1000 \cdot 2,8 \cdot 75 \cdot 2354.78 \cdot 60) : (14,11 \cdot 325 \cdot 39 \cdot 2338) = 389\text{ м}^2$$

Приймаємо до встановлення парову камеру з поверхнею нагріву 395 м².

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

2.2 Технологічні розрахунки

Для розрахунку парової камери приймаємо розміри кип'ятильних труб $d_{\text{зов}} = 102$ мм, $d_{\text{вн.}} = 95$ мм, $L = 1750$ мм.

Визначаємо розрахунковий діаметр кип'ятильних труб (в мм), по формулі [5].

$$d_p = (d_{\text{зов}} + d_{\text{вн.}}) / 2 = (102 + 95) / 2 = 98.5 \quad (2.11)$$

Визначаємо кількість кип'ятильних труб (в шт.), по формулі [5].

$$Z_{\text{КТ}} = F / (\pi \cdot d_{\text{зов}} \cdot L = 389 / (3.14 \cdot 0.102 \cdot 1.75) = 696 \quad (2.12)$$

Визначаємо крок розміщення кип'ятильних труб в трубній гратці (в мм), по формулі [5].

$$t = d_{\text{зов}} \cdot 1.23 = 102 \cdot 1.23 = 125.46; \text{ приймаємо } t = 126 \text{ мм}$$

Визначаємо сумарну площу перерізу всіх кип'ятильних труб (в м²) по формулі [5].

$$f_k = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot Z_{\text{КТ}} = (3.14 \cdot 0.102^2 / 4) \cdot 696 = 5.6 \quad (2.13)$$

Визначаємо найменший переріз між отворами кип'ятильних труб (в мм), по формулі.

$$S_{\text{min}} = 15 + 3.4 \cdot d_{\text{роз}} = 15 + 3.4 \cdot 98.5 = 350 \quad (2.14)$$

Визначаємо розрахункову товщину трубної гратки (в мм), по формулі

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

$$\delta_{p.t.гр.} = S_{min} / m \quad (2.15)$$

де $m = t - d_{роз}$.

$$m = 126 - 98.5 = 27.5 \text{ мм}$$

$$\delta_{p.t.гр.} = 350 / 27,5 = 12,7$$

Визначаємо мінімально необхідну товщину трубної ґратки (в мм), по формулі

$$\delta_{т. гр.} = \delta_{p. т. гр.} + C_1 + C_2 \quad (2.16)$$

де $C_1 = 0.9$ мм – надбавка на товщину трубної ґратки в зв'язку з можливим відхиленням в металургійному виробництві.

C_2 – надбавка на товщину трубної ґратки в зв'язку з корозією металу.

$$C_2 = U_k \cdot \tau$$

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

$\tau = 50$ років - розрахунковий термін придатності виробу.

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

$$\delta_{т.гр.} = 12.7 + 0.9 + 1 = 15.6 \text{ мм}$$

Приймаємо 16 мм.

Визначаємо площу поверхні в ромбі, утвореної чотирма сусідніми кип'ятильними трубами (в мм²), по формулі.

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

$$f = t^2 \cdot \sin \alpha - (\pi \cdot d^2 p / 4) = \quad (2.17)$$

$$= 126^2 \cdot \sin 60^\circ - (3.14 \cdot 98.5^2 / 4) = 6132 \text{ мм}^2 = 0,006132 \text{ м}^2$$

2.3 Конструктивні розрахунки [3]

Тоді необхідна площа трубної ґратки для розміщення трубок складатиме:

$$F = f \cdot z_{KT} = 0.006132 \cdot 696 = 4.27 \text{ м}^2 \quad (2.18)$$

Визначаємо діаметр патрубку для ґріючої пари, м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{3600 \cdot \pi \cdot \omega}}; \quad (2.19)$$

де d – внутрішній діаметр патрубку;

V – витрата пари, $V = 39088 \text{ м}^3/\text{год}$;

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 39088}{3600 \cdot 3.14 \cdot 25}} = 0,744 \text{ м}$$

Визначаємо діаметр патрубку для вторинної пари приймаючи $\omega_{вт.п.} = 50 \text{ м/с}$;

м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 47586}{3600 \cdot 3.14 \cdot 50}} = 0,593 \text{ м}$$

Приймаємо $d = 600 \text{ мм}$.

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

Визначаю діаметр патрубків для відводу конденсату, прийнявши $\omega_k=0,7$ м/с;
м:

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

З конструктивних міркувань приймаю три патрубків діаметром 0,1 м.

Визначаю діаметр патрубків для підводу соку, прийнявши $U_c = 1$ м/с; м:

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

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

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

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

Приймаємо $d = 0,25$ м.

Визначаємо діаметр надсокового простору (в м), по формулі [5].

$$D = \sqrt{4 \cdot V / \pi \cdot H} \quad (2.20)$$

де $H = 1.64$ м – висота над сокового простору.

$$D = \sqrt{(4 \cdot 31.3) / (3.14 \cdot 1.64)} = 4.93 \text{ м}$$

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

Приймаємо діаметр надсокового простору $D = 5000\text{мм}$

Визначаємо діаметр трубної ґратки [5].

$$D_B = \sqrt{(1.27 \cdot n \cdot t^2 \cdot \sin\alpha / K) + (dy + 2t)} \quad (2.21)$$

де $K = 0.9$;

$$\sin\alpha = 60^\circ$$

$t = 126$ мм-крок кип'ятільних трубок.

$$D_B = \sqrt{(1.27 \cdot 696 \cdot 0,126^2 \cdot \sin 60^\circ / 0,9) + (1,0 + 2 \cdot 0,126)} = 3,7\text{м}$$

Приймаємо з конструктивних міркувань $D_B = 3800\text{мм}$

2.4 Гідравлічний опір апарата[5]

Визначаю приведену швидкість пари на виході із труб поверхні теплообміну:

$$\omega'' = \frac{W_v}{3600 \cdot f_k \cdot \rho''}; \quad (2.22)$$

де W_v – кількість випареної води за годину;

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

Визначаємо сумарну площу перерізу всіх кип'ятільних труб (в м^2) по формулі [7, с. 280].

$$f_k = (\pi \cdot d^2 z / 4) \cdot Z_{KT} = (3.14 \cdot 0.102^2 / 4) \cdot 696 = 5.6 \quad (2.23)$$

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

$$\omega_I'' = \frac{2,63}{5,6 \cdot 1,436} = 0,327 \text{ м/с};$$

Визначаю швидкість циркуляції; (м/с):

$$\omega = 0,33 \cdot (\omega'')^{0,38} \cdot \left(\frac{L_{yp}}{L}\right)^x \cdot \frac{\rho^g}{\rho}; \quad (2.24)$$

де L_{yp} – рівень сиропу в трубах поверхні теплообміну, $L_{yp} = 1,9 \text{ м}$;

L – довжина труб поверхні теплообміну, $L = 2,5 \text{ м}$;

x – допоміжна величина;

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

$$\omega_I = 0,33 \cdot (0,327)^{0,38} \cdot (0,65)^{3,27} \cdot \frac{1060}{1460} = 0,384 \text{ м/с};$$

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

$$\Delta P_{ц} = \rho^p \cdot g \cdot 0,8 \cdot (L - L_{yp}); \quad (2.25)$$

$$\Delta P_{ц1} = 1460 \cdot 9,81 \cdot 0,8 \cdot (1,9 - 1,25) = 7447,8;$$

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

$$\omega_y = \sqrt{\frac{\Delta P_{ц} \cdot 2}{\rho \cdot \left(\sum \xi_m + \frac{L_y}{d_y} \cdot \lambda\right)}}; \quad (2.26)$$

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

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

$$\sum \xi_M = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вих}} + \xi_{\text{повор}} = 0,5 + 1,0 + 1,1 = 2,6; \quad (2.27)$$

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

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

$$\omega = \sqrt{\frac{7447,8 \cdot 2}{1460 \cdot (2,6 + \frac{1,9}{1,0} \cdot 0,015)}} = 1,97\text{м/с};$$

Мінімально-допустимий діаметр циркуляційної труби, м:

$$d_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{0,03 \cdot n \omega}{n_{\text{ц}} \cdot \omega_{\text{ц}}}}; \quad (2.28)$$

Для режиму вакуум-апарата, м:

$$d_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{0,03^2 \cdot 696 \cdot 0,384}{1 \cdot 1,97}} = 2,02\text{м} < 0,8\text{м}$$

Визначення гідравлічного опору циркулятора[3]

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

Якщо опора потрібна внизу валу, вона повинна бути самозмащуючоюся. Але краще проектувати підшипниковий вузел 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.

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

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 шків.

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[3].

Значення критерію Рейнольдса при

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

$$Re = \frac{nd^2\rho}{\mu} = \frac{0,83 \cdot 2,8^2 \cdot 1460}{0,0115} = 82613,47 \quad (2.29)$$

де n - кількість обертів циркулятора за 1с ;

d - діаметр лопатей , м ;

ρ - густина утфеля, кг/м ;

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

μ - в'язкість утфеля, Н/м²·с.

Критерій потужності :

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

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[3] :

$$N = K_N \mu m^2 d^3 = 25142857 \cdot 0,0115 \cdot 0,833^2 \cdot 2,8^3 = 4404296 \text{Вт} \quad (2.30)$$

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

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

Необхідний об'єм утфемішок визначаємо з умови:

$$V_{\text{ц}} = (1,5 \div 2) V_{\text{ц}}; \text{ м}^3 \quad (2.31)$$

де $V_{\text{ц}}$ – об'єм разового завантаження утфеля в ротор центрифуги даної

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

групи; м³.

Для визначення разового завантаження всіх роторів центрифуг даного утфелю випробовуємо формулу[4]:

$$M = \frac{P \cdot a \cdot Z}{1440 \cdot 10 \cdot \eta}; T \quad (2.32)$$

де $P=8000$ 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.

$H=0,9$ – експлуатаційний коефіцієнт.

Таким чином:

$$M = \frac{8000 \cdot 30,8 \cdot 3,5}{1440 \cdot 10 \cdot 0,9} = 66,54 \text{т}$$

При цьому об'єм разового завантаження утфелю складатиме:

$$V_{\text{ц}} = \frac{M}{\rho} = \frac{66,54}{1,497} = 44,45 \text{ м}^3$$

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

Таким чином, необхідний повний об'єм утфемішалки складатиме:

$$V_{\text{п}} = (1,5 \div 2) \cdot 44,45 = (66,68 \div 88,9) \text{ м}^3$$

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

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

3. РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

3.1 Розрахунок товщини стінок і кришки[7].

Визначаємо товщину стінки надсокового простору (в м), по формулі [5].

$$\sigma_k = D \cdot ((P \cdot m \cdot \xi) / (2.6 \cdot E))^{0.4} + C \quad (3.1)$$

де $C = 0.7 \cdot 10^{-2}$ м – прибавка на корозію.

$P = 0.1$ МПа – зовнішній надлишковий тиск .

$m = 5$ – запас міцності на стійкість.

$\xi = L / D = 6.5 / 4.93 = 1.3$ коефіцієнт відношення ширини до висоти.

$E = 7.8 \cdot 10^5$ Н / м² - модель пружності матеріалу.

$$\sigma_k = 4.93 ((0.1 \cdot 5 \cdot 1.3) / (2.6 \cdot 7.8 \cdot 10^5))^{0.4} + 0.7 \cdot 10^{-2} = 0.0119$$

Приймаємо $\sigma_k = 12$ мм.

Визначаємо розрахункову товщину стінки днища вакуум – апарата (в мм), по формулі [5]:

$$\sigma_{p.k.dn.} = (P \cdot D \cdot Y) / (4 \cdot K \cdot z) \cdot 1 / \cos \alpha \quad (3.2)$$

де $P = 0.09$ кг / см² - вакууметричний тиск.

$z = 0.8$; $R_{et} = 2130$ кг / см²; $Y = 10$; $X = 1.5$.

$$K = R_{et} / X \quad (3.3)$$

$$K = 2130 / 1.5 = 1420 \text{ кг/см}^2$$

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

$$\sigma_{p.k. \text{ дн.}} = (0.9 \cdot 5000 \cdot 10) / (2 \cdot 1420 \cdot 0.8) \cdot 1 / \cos 60^\circ = 13.6$$

Визначаємо мінімально необхідну товщину стінки корпусу, днища (в мм), по формулі.

$$\sigma_{k. \text{ дн.}} = \sigma_{p.k. \text{ дн.}} + C_1 + C_2 \quad (3.4)$$

де $C_1 = 0.8$ мм; $C_2 = 1$ мм

$$\sigma_{k. \text{ дн.}} = 13.6 + 0.8 + 1 = 15.4$$

Приймаємо 16 мм.

Перевіряємо вірність розрахунку за умовою

$$P \leq (2 \cdot K \cdot z (\sigma_{k. \text{ дн.}} - C_1)) / (D_{k. \text{ дн.}} \cdot \sigma_{p.k. \text{ дн.}} + (\sigma_{k. \text{ дн.}} - C_1)) \quad (3.5)$$

де $K = 1420$ кг / см²; $z = 0.8$; $P = 0.9$ кг / см²

$$0.9 \leq (2 \cdot 1420 \cdot 0.8 (1.6 - 0.08)) / (4300 \cdot 0.0154 (1.6 - 0.08)) = 1.2$$

Умова виконується.

Необхідну розрахункову товщину циліндричної стінки парової камери визначаємо за формулою[7].:

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \{P_p \cdot D_{вн} / 24[\sigma] - P_p \\ p_v \cdot D_{вн} / 24[\sigma] - p_v \end{array} \right. \quad (3.6)$$

де $P_p = 0,245$ – робочий тиск;

$p_v = 1,5P_p = 1,5 \cdot 0,245 = 0,3675$ МПа – тиск випробування.

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

$$S_p = \max \left\{ \frac{0,245 \cdot 3,8}{2 \cdot 1 \cdot 140 - 0,245}, \frac{0,3675 \cdot 3,8}{2 \cdot 1 \cdot 140 - 0,3675} \right\} = \max \{0,00339, 0,00332\} = 0,00339 \text{ м}$$

Допустима товщина стінки циліндричного корпусу

$$S_B = \max(S_p; S_p^B) \quad (3.7)$$

Тоді:

$$S_B = \max(S_p; S_p^B) + c \quad (3.8)$$

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \text{ мм} \quad (3.9)$$

де $c_1 = 1$ мм – добавка на корозію;

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

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

Таким чином,

$$S_B = 0,00339 + 0,001 + 0,0008 + 0,00068 = 0,00587 \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки корпусу 10мм.

Тоді допустимий внутрішній тиск визначаємо за формулою:

$$[P_d] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - c_1)}{D + (S - c_1)} \quad (3.10)$$

де $c_1 = 0,001$ м – добавки на корозію.

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

$$[P_d] = \frac{2 \cdot 140 \cdot 1 \cdot (10 - 1)}{3800 + (10 - 1)} = 0,662 \text{ МПа}$$

$$[P_d] = 0,662 \text{ МПа} > P_B \quad (3.11)$$

Перевіряємо умови використання формул

$$0,002 \leq \frac{S - c_1}{D} \leq 0,1 \quad (3.12)$$

$$0,002 \leq \frac{10 - 1}{3800} = 0,0024 \leq 0,1 \quad (3.13)$$

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання [7]

Внутрішній діаметр папрубка $D=600$ мм;

Товщина обичайки $s=10$ 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:

$$S < S_0 < 1.3 \times S \text{ мм.} \quad S - S_0 < 5 \text{ мм,}$$

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

Товщина втулки S_1 рівна:

$$S_1 = \beta_1 \times S = 0 \text{ мм,} \quad (3.14)$$

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

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

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

$$h_B \geq (S_1 - S_0) \text{ (мм)}, \quad (3.15)$$

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

Приймаємо $h_B = 45$ мм

Еквівалентна товщина втулки фланця:

$$S_{\text{эк}} = S_0 \left[1 + \frac{h_B (\beta_1 - 1)}{h_B + 0.25 \times (\beta_1 + 1) \times D \times S_0} \right] \quad (2.6)$$

$$S_{\text{эк}} = 14 \times \left[1 + \frac{45 (2,2 - 1)}{45 + 0.25 \times (2,2 + 1) \times 600 \times 12} \right] = 21.42 \text{ мм} \quad (3.16)$$

Діаметр болтової окружності

$$D_6 \geq D + 2 \times (S_1 + d_6 + i) \text{ мм}, \quad (3.17)$$

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

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

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_H \geq D_6 + a \text{ мм}, \quad (3.18)$$

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

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

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

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{н.п} = D_6 - e \text{ мм}, \quad (3.19)$$

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

$$D_{н.п} = 720 - 20 = 700$$

Середній діаметр прокладки

$$D_{с.п} = D_{н.п} - b \text{ мм} \quad (3.20)$$

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

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

Кількість болтів:

$$n_6 \geq \frac{\pi \times D_6}{t_{ш}}. \quad (3.21)$$

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

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

приймаємо $n_6 = 44$, кратно чотири.

Висота (товщина) фланця:

$$h_f \geq \lambda_f \times D \times S_{эк} \text{ мм}, \quad (3.22)$$

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

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

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

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

$$l_{б.о} \sim 2(h_f + h_{п}) \text{ мм,} \quad (3.23)$$

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

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

Навантаження, діючі на фланець. Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$F_d = P_p \times \pi \times D_{с.п}^2 / 4 \text{ МН,} \quad (3.24)$$

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

Реакція прокладки:

$$R_{п} = \pi \times D_{с.п} \times b_0 \times k_{пр} P_p \text{ МН,} \quad (3.25)$$

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 $u_{б,уп}$, u_f – коефіцієнт деформації болтів, прокладки, фланців:

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

$$y_6 = \frac{l_6}{E_6 \times f_6 \times n_6}, \text{ м/МН} \quad (3.26)$$

де $l_6 = l_{6.0} + 0.28 \times d_6 = 880.28 \times 20 = 93.6$ мм – розрахункова довжина болта,

$$y_6 = \frac{93.6 \times 10^{-3}}{1.9 \times 105 \times 10,9 \times 10 - 4 \times 44} = 8.49 \times 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{МН}}$$

$$y_{\Pi} = \frac{h_{\Pi}}{E_{\Pi} \times \pi \times D_{c,\Pi} \times b}, \frac{\text{м}}{\text{МН}} \quad (3.27)$$

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

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

$$y_{\Phi} = [1 - \nu (1 + 0.9 \times \lambda_{\Phi})] \times \psi_2 / (h_{\Phi}^3 \times E) \text{ м/МН} \quad (3.28)$$

де

$$\lambda_{\Phi} = \frac{h_{\Phi}}{D \times S_{\text{ЭК}}} = \frac{0.042}{0.6 \times 21.42 \times 10^{-3}} = 0.376 \quad (3.29)$$

$$\Psi_2 = \frac{(D_H + D)}{(D_H - D)} = \frac{(670 + 600)}{(670 - 600)} = 18.14 \quad (3.30)$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0.9 \times \lambda_{\Phi} (1 + (\Psi_1 \times h_{\Phi}^2 / S_{\text{ЭК}}^2))} \quad (3.31)$$

де

$$\Psi_1 = 1.28 \times \lg \frac{D_H}{D} = 1.28 \times \lg \frac{0.67}{0.6} = 0,087 \quad (3.32)$$

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

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

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

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$k_{ж} = \frac{y_{б} + 0.5 \times y_{ф} \times (D_{б} - D - S_{эж}) \times (D_{б} - D_{с.п})}{y_{п} + y_{б} + 0.5 \times y_{ф} \times (D_{б} - D_{с.п})^2} \quad (3.33)$$

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

Болтове навантаження в умовах монтажу до подачі внутрішнього тиску:

$$F_{б1} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{ж} \times F_{д} \times R_{п} \\ 0.5 \times D_{с.п} \times b_0 \times p_{пр} \end{array} \right\}, \text{МН} \quad (3.34)$$

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

$$F_{б1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.468 \times 0,45 \times 0,113 = 0,32 \\ 0.5 \times 0,68 \times 16,9 \cdot 10^{-3} \times 20 = 0,11 \end{array} \right\} = 0,32 \text{ МН}$$

Болтове навантаження в робочих умовах:

$$F_{б2} = F_{б1} + (1 - k_{ж}) \times F_{д} + F_t, \text{ МН}, \quad (3.35)$$

$$F_{б2} = 0.32 + (1 - 0.468) \times 0.45 + 0 = 0,56 \text{ МН}.$$

Приведений згинаючий момент

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

$$M_0 = \max \left\{ \frac{0.5 \times (D_6 - D_{c.п}) \times F_{61}}{0,5 \times [(D_6 - D_{c.п}) \times F_{62} + (D_{c.п} - D - S_{эк}) \times F_d]} \times [\sigma]_{20} / [\sigma] \right\} \quad (3.36)$$

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

$$M_0 = \max \left\{ \frac{0.5 \times (0.72 - 0.68) \times 0.32 = 0,0064}{[(0.72 - 0.68) \times 0.56 + (0.68 - 0.6 - 0.02142) \times 0.45]} \times 170 / 146 \right\} \\ = 0,1 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання. Умови міцності болтів:

$$\frac{F_{61}}{n_6 \times f_6} < [\sigma]_{20}, \text{ МПа} \quad (3.37)$$

$$\frac{F_{61}}{n_6 \times f_6} < [\sigma]_6, \text{ МПа} \quad (3.38)$$

де $[\sigma]_{20} = 130$ МПа, $[\sigma]_6 = 113,5$ 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:

$$\frac{F_{6,\text{max}}}{\pi \times D_{c.п} \times b} < [p_{пр}] \quad (3.39)$$

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

де[рпр] = 130 МПа - для прокладки із пароніту

$$F_{\text{бmax}} = \max \{ F_{\text{б1}}; F_{\text{б2}} \} = \max \{ 0.32; 0.56 \} = 0.56 \text{ МН}, \quad (3.40)$$

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

Умова виконується.

Максимальне навантаження перерізу фланця, обмежене розміром S1:

$$\sigma_1 = \frac{T_{\phi} \times M_0 \times v}{D \times (S_1 - C)^2}, \text{ МПа} \quad (3.41)$$

Де

$$T_{\phi} = \frac{D_H^2 [1 + 8.55 \times \lg(D_H/D)] - D^2}{(1.05 \times D^2 + 1.945 \times D_H^2) \times (D_H/D - 1)}, \text{ МПа} \quad (3.42)$$

$$T_{\phi} = \frac{0,76^2 [1 + 8.55 \times \lg(0,76/0,6)] - 0,6^2}{(1.05 \times 0,6^2 + 1.945 \times 0,76^2) \times (0,76/0,6 - 1)} = 1,849 \text{ МПа}$$

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

Максимальне напруження перерізу, обмеженого розміром S0

$$\sigma_0 = \sigma_{\Phi} \times \sigma_1 \text{ МПа}, \quad (3.43)$$

де $\sigma_{\Phi} = 1.25$

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

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

Кільцева напруга:

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

$$\sigma_k = \frac{0,1 \times [1 - 0,745 \times (1 + 0,9 \times 0,376)] \times 12,76}{0,6 \times 0,042^2} = 1,22 \text{ МПа} \quad (3.44)$$

Напруга у втулці від внутрішнього тиску:

тангенціальна

$$\sigma_t = \frac{P_p \times D}{2 \times (S_0 - C)}, \text{ МПа} \quad (3.45)$$

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

меридіальна

$$\sigma_{tm} = \frac{P_p \times D}{4 \times (S_0 - C)}, \text{ МПа} \quad (3.46)$$

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

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

$$\sigma_{12} + \sigma_{k2} + \sigma_1 \times \sigma_k < [\sigma]_1, \text{ МПа} \quad (3.47)$$

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

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

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

Умова виконується.

Умова міцності для перерізу обмеженого розміром $S_0 = 14 \text{ мм}$:

$$(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_0 + \sigma_m) \times \sigma_t < \varphi \times [\sigma]_0 \text{ МПа} \quad (3.48)$$

де $[\sigma]_0 = 0.002E = 0.002 \times 2 \times 10^5 = 400 \text{ МПа}$ — 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.

$$Q = \frac{\sigma_k}{E} \times \frac{D}{h_\phi} < [Q], \text{ рад} \quad (3.49)$$

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

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

Умова виконується.

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

3.3 Розрахунок і вибір опори[7]

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

$$G_{в.а} = (G_k + G_{г.к.}) \cdot 1.25 \quad (3.50)$$

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

Визначаємо масу фігури 1 (в кг), по формулі

$$G_1 = \pi \cdot a \cdot (R - r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.51)$$

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

$$G_2 = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.52)$$

де $D = 3 \text{ м}$ діаметр циліндричної частини фігури

$h = 2,2$ – висота 2 фігури.

$\sigma = 0,01 \text{ м}$

$$G_2 = 3,14 \cdot 3 \cdot 2,2 \cdot 0,01 \cdot 7700 = 1526$$

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

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

$$G_3 = \pi \cdot a \cdot (R + r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.53)$$

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.

$$G_4 = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.53)$$

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

$$G_5 = \pi \cdot a \cdot (R + r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.55)$$

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.

$$G_6 = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.56)$$

де $D = 4,3$ м; $h = 2,47$ м; $\sigma = 0,012$

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

$$G_6 = 3,14 \cdot 4,3 \cdot 2,47 \cdot 0,012 \cdot 7700 = 3081$$

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

$$G_7 = \pi \cdot a \cdot (R + r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.57)$$

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

$$G_k = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7 \quad (3.58)$$

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

Визначаємо масу парової камери (в кг), по формулі

$$G_{п.к.} = G_{ц.т.} + G_{об.} + G_{гр.} + G_{тр.} \quad (3.59)$$

де $G_{ц.т.}$ – 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.

$$G_{ц.т.} = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.60)$$

де $D = 1,6$ м; $h = 1,78$ м; $\sigma = 0,01$ м.

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

$$G_{ц.т.} = 3,14 \cdot 1,6 \cdot 1,78 \cdot 0,01 \cdot 7700 = 688$$

Визначаємо масу обичайки (в кг), по формулі

$$G_{об} = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.61)$$

де $D = 3.925$ м; $h = 2.1$ м; $\sigma = 0.01$ м.

$$G_{ц.т.} = 3,14 \cdot 3,925 \cdot 2,1 \cdot 0,01 \cdot 7700 = 1993$$

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

$$G_{гр} = [2 ((\pi \cdot D_{об}^2 / 4) - (\pi D_{цт}^2 / 4) - (\pi D_{об}^2 / 4) n) \sigma \cdot \rho] \quad (3.62)$$

де $D_{об} = 3,9$ м – діаметр обичайки.

$D_{цт} = 1,6$ 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.

$$G_{гр} = [2 \cdot ((3,14 \cdot 3,9^2 / 4) - (3,14 \cdot 1,6^2 / 4) - (3,14 \cdot 0,102^2 / 4 \cdot 696) 0,012 \cdot 7700)] = 800$$

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

$$G_{тр} = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \cdot n \quad (3.63)$$

де $D = 0,102$ м; $h = 1,78$ м; $\sigma = 0,0035$ м; $n = 696$ шт.

$$G_{тр} = 3,14 \cdot 0,102 \cdot 1,78 \cdot 0,0035 \cdot 7700 \cdot 696 = 10693$$

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

Знайдені величини підставляємо у формулу.

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

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

$$G_{в.а.} = (16550 + 14197) \cdot 1,25 = 38,800$$

При гідравлічному випробуванні вага використаної води складає

$$G_B = V_0 \cdot \rho_B = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \rho_B = \frac{3,14 \cdot 4,96^2}{4} \cdot 55 \cdot 1000 = 96561 \text{ кг} \quad (3.64)$$

Загальна маса апарата при гідравлічному випробуванні:

$$G_3 = G_{в.а.} + G'_B = 38800 + 96561 = 135361 \text{ кг}$$

Розраховуємо опорні лапи для вакуум – апарата, по формулі.

$$\sigma = (1.118 \cdot S_0) / (\varphi \cdot [\sigma] \cdot a) \quad (3.65)$$

де $S_0 = 7112 \text{ Н}$ – навантаження на одну лапу [4, с. 192].

$[\sigma] = 78.4 \cdot 10^3 \text{ Па}$ – допустиме напруження на стиснення [4, с. 192].

$a = 0.4 \text{ м}$ – виліт лап.

$\varphi = 1.05$ – коефіцієнт на затягування [4, 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:

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

$h = 0.5 \text{ м}; \quad b = 0.4 \text{ м}; \quad \sigma = 0.02 \text{ м}; \quad k_0 = 16 \text{ шт.}$

Необхідну товщину ребра визначаємо за формулою

$$\delta = \frac{2,24G}{k \cdot n \cdot Z \cdot l \cdot \sigma_{с.д.}} + C_k + C_{одр} \quad (3.66)$$

де G – максимальна загальна вага апарата; $G = 1326538 \text{ МН}$

$n = 24$ – число лап;

$Z = 1$ – число ребер в одній парі;

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

$l = 0,2 \text{ м}$ – виліт лапи;

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

$C_k = 0,001 \text{ м}$ – корозія матеріала;

$$\delta = \frac{2,24 \cdot 1,33}{0,6 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 100} + 0,001 + C_{одр} = 0,01134 + C_{одр} = 0,012 \text{ м} \quad (3.67)$$

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

$$L_M = 2(h + \delta) = 2(0,4 + 0,012) = 0,824 \text{ м} \quad (3.68)$$

Міцність зварного шва перевіримо за формулою:

$$\frac{G}{n} \leq 0,7 L_{шв} \cdot h_{шв} \cdot \delta_{шв}. \quad (3.69)$$

де $h_{шв} = 0,006 \text{ м}$ – величина катета шва;

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

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

Таким чином міцність забезпечена

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

4МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

4.1 Монтаж розробленого апарата

Перед початком монтажу необхідно провести заміри товщини стінки верхнього конуса сепаратора. Монтаж необхідно проводити у випадку, якщо товщина стінки не менше 8мм.

Якщо товщина стінки менше 8мм., то верхній конус сепаратора слід замінити, або укріпити, згідно з організацією яка розробила вакуум-апарат.

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.

В 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

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

встановити ніжню 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 ніжню 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. 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, щоб 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

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

гайку і контргайку М130×2, закріпити шпильками кришку підшипника кочення, закріпити гвинтами кільце.

Опустити вал з редуктором, щоб фланець корпуса підшипника кочення став на постемонт (раму), закріпити його шпильками М20×70.

Встановити редуктор, надіти і закріпити на валу кільце. Встановити на місце зонт.

Опустити всередину апарата через отвір в верхньому конусі нижню частину циркулятора.

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.

Транспортування циркулятора може проводитись всіма видами транспорту. Циркулятор перд транспортуванням повинен бути розібраний на транспортабельні блоки що вписуються в габарити залізничного транспорту.

Транспортування циркулятора може проводитись всіма видами транспорту. Циркулятор перд транспортуванням повинен бути розібраний на транспортабельні блоки що вписуються в габарити залізничного транспорту.

Рівень мастила в редукторі і натяг ременів необхідно перевіряти при технічному огляді кожної неділі. Мастило в редукторі потрібно змінювати один раз за сезон.

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

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.

4.2 Ремонт апарата

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. Вони заключаються, головним чином, в 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.

Правильна експлуатація асвстаткування вакуум-установки, що забезпечує запобігання аварій, передчасного зносу і вимушених зупинок, можлива тільки при строгому плануванні і високій якості ремонту всього устаткування.

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

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

Планово-запобіжний ремонт являє собою сукупність організаційно-технічних заходів щодо нагляду й догляду за встаткуванням, перевірці й ремонту його, виконуваних у плановому порядку через певні проміжки часу. Правильна експлуатація обладнання вакуум-випарної установки, що забезпечує запобігання аварій, передчасного зносу і змушених зупинок, можлива тільки при строгому плануванні високій якості ремонту всього устаткування.

Система ППР устаткування передбачає наступні види ремонту:

1. Чергове (міжремонтне) обслуговування;
2. Поточний ремонт;
3. Середній ремонт;
4. Капітальний ремонт.
5. Перелік можливих несправностей приведений в табл.1

Таблиця4.1. Перелік можливих несправностей

Найменування несправності	Можлива причина	Метод усунення
Витікання мастила з корпуса редуктора	Погано затягнуті болти	Затягнути болти фланця корпуса редуктора.
Розрив манжети		Замінити манжету.
Не обертається вал двигуна.	Не поступає електроживлення мережі	Ліквідувати обрив мережі.
Характерне гудіння обмоток відсутнє.	Не встановлено огороження (не спрацював вимикач).	Встановити огороження.
Не обертається вал	Лопаті циркулятора заклинені	Виключити привід і

двигуна	увареним утфелем	закінчувати уварювання без циркулятора
Присутнє характерне гудіння обмоток -	Обрив однієї фази ліквідувати обрив.	Негайно виключити привід
Вал двигуна обертається, вал циркулятора	Недостатній натяг пасів.	Відрегулювати натяг.

Чергове обслуговування – систематичне спостереження за режимом роботи й станом устаткування, комунікацій з усуненням дрібних несправностей. Це обслуговування здійснюється спеціально виділеним для цього персоналом.

Поточний ремонт – такий ремонт, при якому устаткуванню вертається нормальна працездатність до чергового середньо-го або капітального ремонту. Ремонт проводиться з висновком про можливий вихід обладнання з робочого стану, розбиранням окремих вузлів і наступним випробуванням. Для основного устаткування повний перелік ремонтних робіт при середньому ремонті уточнюється розробкою дефектної відомісті.

Капітальний ремонт – основний ремонт, при яким виконується відновлення або заміна зношених основних деталей, вузлів або елементів, при цьому устаткуванню вертається їх першо-початкова потужність або продуктивність, здатність роботи до чергового капітального ремонту. Капітальний ремонт проводиться з повним розбиранням його і наступними випробуваннями. Повний перелік ремонтних робіт при капітальному ремонті уточнюється дефектною відомістю. Час між капітальними ремонтами, а для устаткування, що вводиться – відрізок часу від початку експлуатації до першого капітального ремонту, називається міжремонтним періодом, або ремонтним циклом і обчислюється в місяцях.

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

При будь-якому режимі роботи встаткування ремонтний цикл встановлено 12 місяців, а період між черговими поточними ремонтами – 3 місяця. Безперервний контроль здійснюють оператор машини, черговий слюсар-ремонтник, електрик і спеціаліст по контрольно-вимірювальних пристроям і автоматах.

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

Система планово - попереджувального ремонту включає в себе декілька видів ремонту попередній ремонт, середній ремонт, капітальний ремонт. При попередньому ремонті в агрегаті виконуються наступні 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 сурикові. Герметичність з'єднань паропроводу перевіряють подачею пари тиском

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

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 встановлено 12 місяців, а період між черговими поточними ремонтами – 3 місяці.

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 слідуючих 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.

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

Робота під розрідженням може викликати втрату апаратом строго циліндричної форми. Граничне відхилення складає 0,5 діаметра. Для підсилення міцності корпусу у вакуум-апараті встановлюються ребра підсилення корпусу.

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 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

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

їхнього числа в пучку, що доводиться на один потік, інакше значно зростає гідравлічний опір і помітно зменшується поверхня теплообміну.

Зношені ділянки корпусу виявляють за допомогою гідравлічного обпресування або ультразвукового дефектоскопа. Виявлені ділянки свердлять для того, щоб виміряти залишкову товщину звичайними вимірювальними інструментами. Корпус ремонтують, 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, 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 міцність. Після зняття заглушок апарат здають в експлуатацію, що оформляється відповідним актом.

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

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Аналіз небезпечних і шкідливих факторів під час роботи вакуум апаратів
Проектування, виготовлення, монтаж і експлуатація вакуум-апаратів повинна відповідати вимогам діючих «Правил виготовлення й безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» і технічним умовам на апарати. Вакуум-апарати повинні бути обладнані такими арматурами:

- а) запірними засувками для відключення апаратів від трубопроводів;
- б) мановакууметрами на паровій камері й надсоковому просторі з мітками допустимого 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 проектною документації;
- ж) фланцевими з'єднаннями для установки заглушок.

У конструкції вакуум 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.

Випарні апарати повинні бути обладнані оглядовим склом – ілюмінаторами. Скло оглядових ілюмінаторів повинне бути жаростійким і відповідати за ДСТ 21836-88. Оглядові ілюмінатори корпусів, що працюють під тиском, слід обладнати запобіжною сіткою. Конструкція випарного апарата повинна передбачати заміну трубок, що гріють, через люк у верхній частині апарату без демонтажу внутрішнього сепаратора.

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

Апарати повинні бути укомплектовані обладнаннями для підйому й опускання нижніх днищ. Днища апаратів повинні відповідати ДСТУ 6533-78.

Кожний апарат повинен бути укомплектований такою документацією :

1. Паспорт.
2. Інструкція з монтажу й безпечної експлуатації.
3. Перелік запасних частин.
4. Розрахунки на міцність елементів апарата.
5. Монтажні креслення апарата, креслення розрахункових елементів і таблиці контролю.
6. Схема автоматичного регулювання рівня сиропу.
7. Товаросупроводжувальна документація.
8. Акт приймання апарата.

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

Для роботи усередині апаратів, ємностей, резервуарів, колодязів, колекторів і іншого аналогічного встаткування й обладнання, яке є небезпечними або газонебезпечними у відповідності до переліку газонебезпечних робіт допускають осіб чоловічої статі, якою виконай-лось 18 років і які пройшли медичне обстеження, спеціальне навчання, повторну перевірку знань, фахівці – не рідше одного разу в три роки, робітники не рідше одного разу в рік. Цільовий інструктаж проводиться щораз перед виконанням газонебезпечних робіт. Відкриття, огляд, очищення апаратів, ємностей, трубопроводів та іншого встаткування на ділянках, пов'язаних з виділенням пожежонебезпечних, вибухонебезпечних, токсичних газів, горючих рідин, пар, а також роботи в колодязях, повинні проводитись тільки після одержання на це вбрання-допуску, за винятком аварійних випадків, передбачених у плані ліквідації аварій і під безпосереднім безперервним наглядом фахівців.

Для проведення планово - попереджувальних ремонтів (ППР), ліквідації аварій, повинні бути розроблені з обліком місцевих умов і затверджені власником

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

інструкції з охорони праці й схеми відключення апаратів від водяних, парових, продуктових, газових та 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 й системи трубопроводів. Заглушки із хвостиками повинні бути встановлені на всі без винятку комунікаціях, підведених до ремонтваної ємності.

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

Якщо буде потреба проведення робіт при більш високій температурі, розробляються додаткові способи безпеки (безперервний обдувши свіжим повітрям, із застосуванням теплоізоляційного одягу й взуття, часті перерви в роботі). На ємностях і комунікаціях, що перебувають на ремонті, очищення під час проведення робіт, слід вивісити попереджуючий плакат «РЕМОНТ», який знімається тільки після дозволу відповідальної особи за проведення газонебезпечних робіт.

Чищення резервуарів ємностей і іншої апаратури проводиться за допомогою ефективних технічних засобів, які не потребують присутності при цьому людей.

Роботи із чищення, огляду або ремонту ємностей, впливає проводиться бригадою в складі не менш 2 людей (працюючий і спостерігач), не враховуючи відповідальної особи за проведення газонебезпечних робіт.

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 перебувати біля ємності в такому ж екіпіруванні, що й робітники (ізольований проти газу у положенні «готовність»).

Робітник, який перебуває в середині апарата, повинен бути забезпечений спецодягом і спецвзуттям, рятувальним поясом із прикре-полоненої до нього

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

мотузкою. Мотузка повинна мати вузли через кожні 0,5 метра й надійно, іншим кінцем прив'язана до трубопроводу, перилам або іншим укріпленим предметам. Другий робітник (спостерігач) повинен постійно перебувати ззовні апарата, біля люка-лазу. Допуск робітників в усередину 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 внутрішньої, або персональним сходам, які має 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 протигаз, з гофрованим шлангом, який виходить із апарата не менш ніж на 2 м. Кінець шланга виведений у зону чистого повітря й закріплений на обранім місці. Використовувати фільтруючі протигази не дозволяється, час перебування робітника в протигазі, без перерви, не повинен перевищувати 15 хвилин, потім робітник повинен відпочити на чистім повітрі не менше 15 хвилин. Переносні електричні світильники й електроінструменти повинні відповідати вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.013-91.

У приміщеннях з підвищеною небезпекою потрібне користуватися електроінструментом з напругою не вище 42В, а в особливо небезпечні не вище 12В. Електроінструмент, який має дефекти, видавати для роботи категорично забороняється. Особам, які користуються електроінструментом, забороняється: передавати інструмент, хоча б на короткий час, іншим особам; розбирати електроінструмент або проводити будь-який ремонт; працювати на висоті більш 2,5 м, на підставних сходах; затягати всередину металевих резервуарів, апаратів, переносні трансформатори або перетворювачі напруги.

При обслуговуванні випарних станцій необхідно остерігатися опіків гарячим продуктом і пором.

Випарні апарати й трубопроводи до них повинні бути надійно теплоізольовані.

При несправності або розриві оглядового скла, потрібно закрити вентилі пари, що гріє, і соку на даному корпусі, до ремонту або заміни скла приступати

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

після зниження тиску. Виварення випарних апаратів, щоб уникнути скупчення вибухонебезпечних газів (гремучий газ), повинна проводитися при роботі повітряного насоса.

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

Особливу обережність слід дотримувати при роботі з кислотою.

Усі резервуари, що працюють під тиском вище 0,7 атм, поруч-жятий обов'язкової реєстрації в Інспекції Котлонагляду і нагляду за ними, у період експлуатації, з боку Інспекції. Інспекція повинна раз у три роки засвідчувати придатність обладнання до експлуатації.

Для того, щоб ремонт випарної станції робити без затримки, необхідно мати запас матеріалів і запасних деталей для ремонту. У номенклатуру запасних частин, які повинні зберігатися в коморі, входять усі деталі з терміном служби до 6-ти місяців.

Устаткування, що пройшло ремонт, повинне відробити строк установлений згідно ППР (планово-запобіжний) міжремонтного періоду. По закінченню ремонту, оформляється приймання кожного апарата, попередньо, у холодному стані.

Комісія із приймання апарата з ремонту, повинна попередньо ознайомитися з відомістю про дефект, яку керівник становить перед початком ремонту паспортом на апарат, і перевірити усунуті чи при ремонті дефекти, відзначені в цих документах. Після закінчення 24 годин роботи апарата під тиском, актом оформляється приймання апарата в експлуатацію.

Розрахунок теплової ізоляції

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої неізольованої поверхні апарату до повітря (Вт/(м²·К))

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$\alpha_{i3} = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{cr} - t_{п}) = 9,74 + 0,07 \cdot (125 - 20) = 17,09 \quad (5.1)$$

де $t_{п} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура навколишнього середовища

Визначаємо втрати тепла неізолюваною стінкою

$$q_1 = \frac{t_{cr} - t_{п}}{\frac{1}{\alpha_{i3}}} = \frac{125 - 20}{\frac{1}{17,09}} = 1794,45 \quad (5.2)$$

Визначаємо втрати ізолюваним апаратом з врахуванням ККД ізоляції (Вт/м²)

$$q_2 = (1 - \eta_{i3}) \cdot q_1 = (1 - 0,95) \cdot 1794,45 = 89 \quad (5.3)$$

де $\eta_{i3} = 0,85$ – ККД совелітової ізоляції

Визначаємо λ_{i3} для совелітової ізоляції

$$\lambda_{i3} = 0,09 + 0,000087 \cdot t \quad (5.4)$$

де t_{i3} - середня температура ізоляції (°C)

Визначаємо середню температуру ізоляції (°C)

$$t_{i3} = \frac{t_{cr} + t_3}{2} = \frac{125 + 36}{2} = 80,5 \quad (5.5)$$

де $t_3 = 36 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура зовнішньої поверхні ізоляції

Знайдені величини підставляємо у формулу 5.4 і обчислюємо

$$\lambda_{i3} = 0,09 + 0,000087 \cdot 80,5 = 0,09$$

Визначаємо необхідну товщину ізоляції

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{i3} = \frac{\lambda_{i3}}{q_2} \cdot (t_{ст} - t_3) = \frac{0,09}{89} \cdot (125 - 36) = 0,09 \quad (5.6)$$

Приймаємо шар теплової ізоляції товщиною $\delta_{i3} = 100\text{мм}$

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра розрахована і розроблена кристалізаційна установка у виробництві цукру-піску, запроєктований вакуум-апарат утфелю першої кристалізації.

Наведена технологічна схема виробництва цукру-піску. Приведені теоретичні основи процесу кристалізації, описані основні елементи будови апарата та вибрані основні конструктивні матеріали.

Проведені технологічні розрахунки, матеріальний і тепловий баланс, визначені конструктивні розміри апарата.

Визначено гідравлічний опір апарата та проведено вибір допоміжного обладнання.

Визначена методика виконання ремонтних і монтажних робіт.

При організації заходів з охорони праці вказані небезпечні та шкідливі фактори у відділенні та проведений розрахунок штучної вентиляції.

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства. – М.: Агропромиздат, 1986. – 431с.
2. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І. С. Гулий, М. М. Пушанко, Л. О. Орлов, В. Г. Мирончук,. За ред. академіка УААН Гулого І. С. – Вінниця: Нова книга, 2001, 576 с.
3. Малезик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування-К., НУХТ, 2012.- 543 с.
4. Ведомственные нормы технологического проектирования свеклосахарных заводов. – М.: Минпищепром СССР, 1985. – 201с.
5. Стабников В.Н. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств, - К.: Вища школа. Головное издательство, 1982. – 199с.
6. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов, - М.: Пищевая промышленность, 1969. – 528с.
7. Лазинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л., «Машиностроение», 1970.- 752с.
8. Андрианов И. О. Ремонт и монтаж оборудования свеклосахарных заводов. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность,
9. Азрелевич М.Я. Оборудование сахарных заводов. – 3-е изд. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 392 с., ил.
10. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець та ін.. – К.: Основа, 2000. – 416 с.

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		