

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 вертикальний кристалізатор
ульфелю третього продукту .

Виконав:
студент групи ХМдн-54-чк
Лукомський Ігор Олександрович

Підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:
ст.викладач

з оцінкою _____

Корнієнко Віктор Миколайович

" ____ " _____ 20__ р.

підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії

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 Лукомський Ігор Олександрович

1 Тема проекту: Кристалізаційна установка у виробництві цукру - піску .
Розробити вертикальний кристалізатор утфелю третього продукту .

2 Вихідні дані: Розробити кьристалізаційну установку. Продуктивність 8000т перероблюваного буряка на добу. Вміст сухих речовин(% мас.):початковий-94,6;вихід утфеля третього продукту-8,3.

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

підпис

ст. викл.Корнієнко В.М.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Технологічна частина	
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	7
1.2 Теоретичні основи процесу.....	10
1.3 Опис об'єкта розробки та вибір основних конструктивних матеріалів.....	16
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу.....	21
2.2 Технологічні розрахунки.....	26
2.3 Конструктивні розрахунки.....	30
2.4 Гідравлічні розрахунки.....	32
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	43
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1 Розрахунок товщини стінки апарата.....	53
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	57
3.3. Розрахунок і вибір опори.....	57
4 Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	61
4.2 Ремонт апарата.....	64
5 Охорона праці.....	68
Висновки.....	73
Список літератури.....	74
Додаток - Специфікації	

					ПОХНВ.К.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.		ЛЦКОМСЬКИЙ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		КОРНІЄНКО			3	74	
Н. контр.		КОРНІЄНКО			СумДУ, гр. ХМдн-54чк		
Затв.		СКЛАДІНСЬКИЙ					

Кристалізаційна установка у
виробництві цукру - піску .
Розробити вертикальний
кристалізатор утфелю третього
продукту .

ВСТУП [1]

Цукрова промисловість України – це одна з найпотужніших галузей держави. Оскільки цукровий буряк є основною сировинною базою вітчизняних цукрових заводів, то конкурентоспроможність та ефективність виробництва цукрових буряків в Україні є одним з найбільш важливих елементів у проблемі підтримки та збереження всього аграрного сектора.[1]

Україна належить до традиційно цукрових держав світу, що зумовлюється досить сприятливими ґрунтово-кліматичними та економічними умовами для розвитку буряківництва й виробництва цукру

В майбутньому ставиться задача збільшити об'єми заготовки цукрового буряка та прискорити технічне переозброєння виробництва. Поворот до ефективності і якості виробництва пов'язаний з роботою по вдосконаленню виробництва на базі сучасної техніки і науки. Інтенсивність технічних процесів передбачає максимальне використання сучасних досягнень науки і техніки, праці і управління, прискорення НТП, удосконалення організації виробництва, введення в практику досвіду новаторів. Харчові підприємства майбутнього повинні бути забезпечені найбільш ефективними конструкціями високопродуктивного технологічного обладнання з максимальним ступенем надійності всіх механізмів і агрегатів. При цьому необхідно вирішити задачі комплексної механізації і автоматизації технологічних схем і методів виробництва.

Неперервне підвищення технологічного рівня виробництва повинно здійснюватися в наступних напрямках:

- впровадження нової, більш ефективної техніки, що підвищує вихід і покращує якість цукру, безпосереднього застосування глибокої хімічної очистки соку;
- інтенсифікація виробничих процесів і скорочення терміну виробничого циклу;

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

- здійснення комплексної механізації всіх трудомістких та важких процесів.

- впровадження енергозберігаючих технологій та устаткування.

Сучасні цукрові заводи є високомеханізованими підприємствами. Вони оснащуються новими видами обладнання: дифузійними апаратами безперервної дії, високопродуктивними випарними апаратами, енергозберігаючими утфелемішалками-кристалізаторами, автоматичними центрифугами та іншим автоматичним обладнанням.

Кристалізація цукру – важливий етап технологічного процесу цукрового виробництва. Його мета – виділення розчиненої в сиропі цукрози. На цукрових заводах сиропи потрапляють на уварювання, де з них додатково випаровується вода, при цьому розчин стає пересиченим і цукор виділяється у вигляді кристалів. Отриманий після уварювання продукт називається утфелем.

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

На цукрових заводах застосовуються дві технологічні схеми варки і кристалізації цукру: трьох продуктова і двох продуктова. [4]

Типовою прийнята трьох продуктова схема. Основною метою цієї схеми є отримання цукру підвищеної якості, так як чистота сиропу значно підвищується при поверненні у нього клеровок жовтих цукрів другого і третього продуктів, а в утфіль першого продукту патоки не повертають.

Одним із перших кроків у направленні підвищення якості цукру і зниженні енергозатрат при кристалізації було застосування вертикальних утфілемішалок-кристалізаторів із штучним охолодженням. На багатьох вітчизняних та

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

закордонних цукрових заводах застосовують установки додаткової кристалізації з системою штучного охолодження, в тому числі вертикальні кристалізатори .

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

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми виробництва [9]

Технологічна схема виробництва цукру-піску включає такі операції: очищення буряків від домішок, одержання бурякової стружки, одержання дифузійного соку, очищення дифузійного соку (дефекація, сатурація, сульфітація, фільтрація), загушення соку, очищення і варіння сиропу, одержання утфелю, центрифугування і пробілювання, сушіння цукру-піску.

Дифузійний сік містить, крім сахарози, значну кількість розчинних нецукрів. Найпростішим і найдешевшим способом очищення є обробка дифузійного соку вапном (дефекація) з наступним виділенням надлишку останнього вуглекислим газом (сатурація). Сульфітація — це обробка цукрових розчинів діоксидом сірки. Мета сульфітації — знебарвлення барвників шляхом їх відновлення і перетворення в лейкоз'єднання, блокування карбонільних груп альдегідів і кетонів, щоб запобігти утворенню барвників.

Цукор-пісок повинен бути сипучим, а в цукрі-піску для промислової переробки допускаються грудки, що розпадаються при легкому надавлюванні. Розчин має бути прозорим або зі слабкою опалесценцією, без нерозчинного осаду, механічних або інших сторонніх домішок. Смак передбачено солодкий, без сторонніх присмаку і запаху як у сухому цукрі, так і в його водному розчині (10г цукру-піску у 100 см³ дистильованої води). Колір цукру-піску повинен бути білим, в цукрі для промислової переробки допускається жовтуватий відтінок. Цукор-пісок відрізняється від цукру-піску для промислової переробки мінімальною масовою часткою сахарози відповідно 99,75 і 99,55%, граничною масовою часткою редукуючих речовин 0,050 і 0,065, золи — 0,04 і 0,05, вологи 0,14 і 0,15%. Кольоровість цукру-піску допускається до 0,8 умовних одиниць або 104 одиниці оптичної густини, а цукру-піску для промислової переробки відповідно 1,5 і 195 г.

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

До найбільш цінних відходів виробництва належать меляса і обезцукрена стружка (жом). Мелясу отримують як відтік при кристалізації утфелю.

Меляса – густа рідина темно-коричневого кольору з різким запахом і неприємним смаком, містить 76-84% сухої речовини, з них 46-51% сахарози. Вихід меласи в середньому складає 4,5-5,5% до маси переробленого буряку. Меласа використовується в ряді галузей харчової та мікробіологічної промисловості (виробництво етилового спирту, дріжджів, молочної та лимонної кислот, гліцкрину); в комбікормовій промисловості – як добавка до кормів для тварин.

Жом – м'якоть буряку. Вихід жому складає 5 кг на 100 кг буряку. Сухі речовини жому складаються з пектинових речовин (45%), целюлози і геміцелюлози (приблизно по 20%), білків, золи і цукру (по 2-4%). Жом використовують в якості корму для тварин, для виробництва харчового пектину і пектинового клею.

Основними технологічними операціями у виробництві цукру можна вважати дві : вилучення цукру з буряків та випарювання води до кристалізації цукру. Решта операцій – допоміжні.

Кристалізація цукру – кінцевий етап в його виробництві. На цьому етапі із сиропу виділяють практично чисту сахарозу із багатокomпонентної суміші речовин, якою являється сироп.

Раціональна технологічна схема продуктового відділення повинна мати стільки ступенів кристалізації, щоб сумарний ефект кристалізації (різниця доброякісності вихідного сиропу до клеровки і меляси) складав 30 – 33 %, а коефіцієнт заведення (відсоткове відношення мас сахарози в цукрі-піску і переробленому буряку) – біля 80 % при середній якості буряку.

Цим вимогам найбільш повно відповідає трьох-кристалізаційна схема. Для уварювання утфелю III кристалізації (утфель III) у вакуум-апарати задають патоку зелену (із збірника), патоку білу (із збірника 2), відтік утфелю II продукту (із збірника 3) і відтік афінаційний (із збірника 4). В парову оболонку вакуум-апарату подається гріюча пара і вміст сухих речовин в готовому утфелі доводять

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

до 93,5 - 94 %, оскільки подальша кристалізація через високу в'язкість стає неможливою.

В середньому цикл уварювання утфелю у вакуум-апаратах складає 600 хв (в залежності від доброякісності уварюваних продуктів). Через прийомну утфелемішалку 6 за допомогою насоса 7 утфель надходить до розріджувача 8, в якому утфель розкачується аміачною водою з метою зниження в'язкості і перенасичення міжкристального розчину до 1,05 – 1,08.

Із розріджувача утфельна маса надходить до кристалізаційної установки, що складається з двох вертикальних мішалок-кристалізаторів – утфелемішалки кристалізатора «А» 9 і утфелемішалки кристалізатора «Б» 10, в яких існує чотири зони теплообміну. При охолодженні утфелю важливе значення має збереження оптимального перепаду температур між утфелем і охолоджуючою водою, при якому коефіцієнт перенасичення міжкристального розчину біля теплообмінної поверхні не повинен бути вище 1,25. При таких умовах нові центри кристалізації не зароджуються. Виходячи з цього кожна зона теплообміну має оптимальний перепад температур. В першу зону утфель надходить з температурою 66 – 70 °С і, пройшовши всі зони теплообміну, його температура на виході становить 45 °С Далі утфель надходить в утфелерозподільник 11, звідки в центрифугу III продукту 12. Відтік, що відбирається при центрифугуванні надходить в збірник 20, потім в збірник товарної меляси 21 і на ваги.

Цукор III кристалізації через гвинтовий конвеєр 13 надходить до афінатора 14, де його змішують з патокою зеленою і отримують афінаційну масу з вмістом сухих речовин 89 – 90 %. В процесі перемішування утфелю (протягом 20 хв) в афінаторі частина нецукрів із плівки на кристалах цукру переходить (дифундує) в більш чистий міжкристальний розчин. Такий спосіб підвищення доброякісності цукру III продукту кристалізації називають афінацією (очищенням). Із афінатора утфель за допомогою насосу 7 подають в утфелерозподільник 15 центрифугують в центрифугах афінаційної маси 16. Афінаційний відтік і відтік, отриманий після відбілювання цукру-аффінаду водою, разом подають в збірник 22, а потім в збірник першого відтоку утфелю II. Після афінаційних центрифуг цукор III

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

кристалізації подають шнеком 17 в мішалки клеровочні 18, де його розчиняють (клерують) в соковій II сатурації до вмісту сухих речовин 65 – 70 %. Клеровка за допомогою насоса 19 подається на сульфитацію.

1.2 Теоретичні основи процесу [9]

Кристалізація цукру – кінцевий етап в його виробництві. На цьому етапі із сиропу виділяють практично чисту сахарозу із багатокомпонентної суміші речовин, якою являється сироп.

Рациональна технологічна схема продуктового відділення повинна мати стільки ступенів кристалізації, щоб сумарний ефект кристалізації (різниця доброякості вихідного сиропу до клеровки і меляси) складав 30 – 33 %, а коефіцієнт заведення (відсоткове відношення мас сахарози в цукрі-піску і переробленому буряку) – біля 80 % при середній якості буряку. У сокоочистному відділенні з дифузійного соку видаляється близько 1/3 нецукрів, інші нецукри разом з сахарозою поступають в продуктове відділення, де велика частина сахарози викристалізовується у вигляді цукру-піску, а нецукри залишаються в міжкристальному розчині.

Вихід цукру на 75% залежить від втрат цукру в мелясі. Втрати в продуктовому відділенні визначають техніко-економічні показники заводу. Якість цукру прямо пов'язана з втратами його в мелясі.

Завдання отримання цукру стандартної якості розв'язується за допомогою багатоступінчатої кристалізації.

Найбільшого поширення набули двоступінчата і тріступінчата схеми продуктового відділення. Рациональна 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.

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

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. 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. Вакуум-апарати пропарюють екстра-паром I корпусу випарної установки, пропарка прямує в приймальну мішалку і перемішується з утфелем. З приймальної мішалки утфель направляють в батарею кристалізаторів з поверхнею охолодження, що обертається, при русі по кристалізатору температура утфеля зменшується з 70°C до 35°C, за рахунок зменшення розчинності сахароза виділяється з розчину на поверхні кристалізатора, за рахунок цього чистота міжкристального розчину зменшується приблизно на 10 одиниць (від 65 до 55%), а вміст кристалів в утфелі підвищується від 35–37% до 44–48%. Метою уварювання утфелю 1 і 2-го продукту кристалізації являється виділення кристалів цукру з сиропу першого і другого відтоків утфелю

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

1-го продукту. Ці сиропи являються накопиченими розчинам сахарози при температурі уварювання утфелю, якість першого відтоку коливається в межах 81-84%, другого-87-92%. Умови кристалізації сахарози в утфелі 2-го продукту не відрізняються від умов кристалізації в утфелі 1-го продукту, тільки проводиться вона при більшому перенасиченні розчину і збільшується маса цукрової пудри на затравку.

В цукровій промисловості для кристалізації утфелю третього продукту застосовуються мішалки-кристалізатори. Раніше використовувалися кристалізатори горизонтального типу, які займали значну площу. Площа поверхні теплопередачі в цих мішалках була малою і для контролю температурного режиму використовувалися чотирьохкорпусні кристалізаційні установки. В результаті цього має місце значна витрата води, металокопункцій, складність в обслуговуванні тощо.

В ході кристалізації технічно досягаєме знецукрення розчину обмежене вмістом кристалів в утфелі. Тому кристалізація проводиться в декілька ступенів. Кількість одержуваного цукру залежить від чистоти меляси, залежної, що досягається в ході процесу, в першу чергу, від якості кристалізації (особливо її останнього ступеня) і від умов насичення. В ході фізичного процесу кристалізації може бути досягнуте гарне відділення цукру від нецукрів. Передумовою для цього є правильне ведення процесу кристалізації, з отриманням утфеля з малою часткою конгломератів і невеликою кількістю помилкових кристалів. Цим забезпечується високий вихід продукту на кожному ступені кристалізації.

На багатьох вітчизняних та закордонних цукрових заводах застосовують установки додаткової кристалізації з системою штучного охолодження, в тому числі вертикальні кристалізатори .

У вертикальних кристалізаторах застосовується гідропривод, який потребує значної кількості мастила. До того ж для зберігання цього мастила потрібен резервуар, який займає додаткову площу. А для перекачування цього мастила використовуються два насоси, які потребують електроенергії. Також в

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

гідроприводі досить часто зношуються ущільнювальні манжети, тому їх доводиться часто міняти, а це досить незручно.

В цукровій промисловості існують різні типи кристалізаторів. Це пов'язано з пошуками більш досконалих, які б задовольняли всі вимоги технології та мали не складну конструкцію . [1]

Для прийому I і II утфелю застосовується утфелемішалка УМ-1 В її жолобоподібному сталюму корпусі в підшипниках ковзання обертається вал з спіралью встановленими на ньому лопатями і витками із сталюї стрічки, які доходять майже до циліндричного днища мішалки. Обертання вала здійснюється від електродвигуна через редуктор і черв'ячну передачу. Утфель подається через верх мішалки, стрічковим витком переміщується вздовж мішалки і виходить через прохід, що закривається шибером з ручним приводом, в лоток

При аварійній зупинці електродвигуна, для того щоб утфельна маса не загусла і кристали цукру не осіли на дно мішалки, що приведе до поломки приводу в момент пуску електродвигуна, вал мішалки повертається ручним механізмом, що складається із храпового колеса і рукоятки. За допомогою цього механізму вал із стрічковим витком повертають вручну до повного вивантаження утфелю із мішалки або до пуску електродвигуна.

Більш модернізована версія даної мішалки, мішалка типу УПС-35 для утфелю III продукту, принципово не відрізняється від мішалки УМ-1, але нижча останньої (з метою зменшення загальної висоти установки «вакуум-апарати – прийомна мішалка – кристалізатори - центрифуги») і тому ширша. В зв'язку з великою шириною в ній обертаються два паралельно розміщених в горизонтальній площині вала.

Дана мішалка представляє собою металічний горизонтально розміщений корпус з напівциліндричним дном і двома поперечними стінками.

Всередині корпусу на підшипниках ковзання обертається трубовал зі спіралью встановленими на ньому лопатями, з'єднаних між собою сталюю половою. Обертання трубовалу здійснюється від електродвигуна через редукторі

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

черв'ячну пару.Залив утфелю проводиться через верх мішалки, а спуск через шибер в задній стінці мішалки.

Утфелемішалка-кристалізатор об'ємом 45 м³.

Дана мішалка-кристалізатор призначена для додаткової кристалізації утфелю третього продукту.

Утфелемішалка представляє собою горизонтально розміщений корпус. Всередині нього на підшипниках ковзання обертається трубовал, на якому установлені одинадцять дисків для перемішування і охолодження продукту.

Кожний диск має два колектора для входу і виходу води. Диски мають секторні вирізи і установлені на валу так, що кожний наступний диск повернутий своїм вирізом на 90 ° по відношенню до попереднього. Цим забезпечується прохід утфелю вздовж апарату.

Вертикальні кристалізатори мають суттєві переваги над утфелемішалками - кристалізаторами горизонтального типу. В горизонтальних утфелемішалках кристалізаторах необхідно безперервно слідкувати за рівнем утфеля в апараті, всіма параметрами води та утфеля. У вертикальних кристалізаторах процес проходить автоматично, що дозволяє значно знизити витрати сировини та кількість обслуговуючого персоналу.

З метою уникнення цих недоліків були впроваджені в експлуатацію мішалки-кристалізатори вертикального типу, які мають значно більшу площу поверхні теплопередачі і займають набагато меншу площу. Так як в них велика площа теплопередачі, то і температурний режим в них підтримується в одному апараті, що значно зручніше, ніж в чотирьох.

Вертикальний кристалізатор Ш1-ПКВ має систему подачі охолоджуючої води, окремо в рухомий і нерухомий контур, що забезпечить легке керування процесом. Ємність для води рухомого контура буде легше, тому в якості приводу використаємо шість гідравлічних циліндрів, розташованих на кришці кристалізатора. Також , як і в кристалізаторі ВМА розташовуємо вгорі розподільник, що поволі обертається і рівномірно розподіляє утфель, що поступає, по всьому поперечному перетину апарату.

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

Ємність для води рухомого контура буде легше, тому в якості приводу використаємо шість гідравлічних циліндрів, розташованих на кришці кристалізатора. Також, як і в кристалізаторі ВМА розташовуємо вгорі розподільник, що поволі обертається і рівномірно розподіляє утфель, що поступає, по всьому поперечному перетину апарату.

Вертикальна утфелемішалка-кристалізатор Ш1-ПКВ/1 призначена для оснащення бурякопереробних заводів з метою додаткової кристалізації утфеля останнього продукту шляхом примусового охолодження його при безперервному перемішуванні.

Утфелемішалка-кристалізатор і змішувач вмонтовуються в продуктовому відділенні цукрового заводу і працюють протягом всього сезону цукроваріння. Утфелемішалка-кристалізатор є циліндричним вертикальним апаратом з плоским днищем і теплообмінними трубами, закріпленими зварюванням в горизонтальних площинах, до колекторів яких подається охолоджуюча вода. По осі апарату встановлено перемішувач, що складається з трубовала. Трубовал встановлений таким чином, що його перемішувачі лопаті чергуються з теплообмінними трубами. В утфелемішалці-кристалізаторі утфель, пересуваючись зверху вниз, охолоджується в результаті контакту з поверхнями теплообміну.

Вертикальна утфелемішалка-кристалізатор з штучним охолодженням і з пучками охолоджуючих труб, з охолодженням для утфелів останньої кристалізації, в яких високов'язкі утфелі навіть у співвідношенні «нецукри/вода», рівним 4, без ускладнення можуть бути охолоджені до кінцевої температури 35°C. [1]

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

1.3 Опис об'єкта розробки та вибір основних конструктивних матеріалів [9]

Вертикальна утфелемішалка-кристалізатор із штучним охолодженням використовується для економічно ефективною і оптимальною кристалізації цукру із суспензій низької доброякісності на буряко цукрових, тростниково цукрових і цукрорафінадних заводах всього світу. Утелемішалки-кристалізатори з штучним охолодженням успішно експлуатуються як в цукровій, так і в тростниковій промисловості. В даний час пропонується виключно вертикальну модель. Перевага цього кристалізатора заснований на наступній конструктивній особливості: охолоджуюча система складається з блоків охолоджуючих елементів, де вода перекачується протитечею до утфеля.

Розташований вгорі розподільник, що поволі обертається, рівномірно розподіляє утфель, що поступає, по всьому поперечному перетину апарату. На стороні утфеля у всьому апараті немає ні підшипників кочення або ковзання, ні сальникових ущільнень. У вертикальних кристалізаторах застосовується гідропривод, який потребує значної кількості мастила. До того ж для зберігання цього мастила потрібен резервуар, який займає додаткову площу., а для перекачування цього мастила використовуються два насоси, які потребують електроенергії. Також в гідроприводі досить часто зношуються ущільнювальні манжети, тому їх доводиться часто міняти, а це досить незручно.

Даним проектом пропонується замінити гідропривод на механічний, який значно простіший в експлуатації.

Встановлюється кристалізатор в продуктовому відділенні. Утфелемішалка-кристалізатор представляє собою апарат з вертикальним циліндричним корпусом. В середині корпусу знаходиться охолоджуюча система. Охолоджуюча система складається із уніфікованих блочних охолоджуючих елементів у вигляді змієвика з трубок 80/86.

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

По трубкам примусово подається охолоджуюча вода, яка рухається проти напрямлення руху утфеля. В утфелемішалці-кристалізаторі потік утфеля завжди направлений зверху вниз.

Утфель, що поступає в апарат, рівномірно розподіляється по всьому його поперечному перерізу утфелерозподілювачем, який обертається за допомогою приводу.

Повторне охолодження води може проводитися в окремо установленому охолоджуючому пристрої, також можливе охолодження води в повітряному охолоджувачі, який установлюється зверху на охолоджуючій системі і рухається разом з нею вгору і вниз. Така конструкція дозволяє повністю обійтись без вторинного циркуляційного контуру охолоджуючої води.

Принцип роботи вертикальної утфелемішалки-кристалізатора наступний: із приймальної (розподільчої) горизонтальної утфелемішалки утфель останнього продукту поступає в апарат через патрубок А, рівномірно розподіляється по всьому периметру поперечного перерізу; проходить зверху вниз і виходить охолоджений через патрубок Б. Охолоджуюча вода, в свою чергу, подається через патрубок В в охолоджуючу систему і проходячи по ній знизу вгору проти потоку утфеля, вода поступово охолоджує утфель від температури 70-75°C до 30-35°C, а сама нагрівається від температури 20 °C до 45°C. Виходить з апарата вода через патрубок Г. Вся охолоджуюча система рухається вгору і вниз на висоту 1 м.

По осі апарату встановлено перемішувач, що складається з трубовала. Трубовал встановлений таким чином, що його перемішувачі лопаті чергуються з теплообмінними трубами.

Перед пуском в експлуатацію вертикального кристалізатора необхідно впевнитись чи перебуває кристалізатор в робочому стані. Всі комунікації повинні бути під'єднані, гідравлічний агрегат повинен бути заповнений маслом. В герметичності з'єднання царг, колін впевнюються проганяючи по системі.

Необхідно слідкувати за якістю утфеля, що подається в апарат в разі підвищення надмірної вязкості, уфельна маса повинна розріджуватись водою. По мірі руху утфеля зверху апарата до нижньої його частини, утфель охолоджується за

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

допомогою трубчастого теплообмінника, тому необхідно слідкувати за температурою води в ньому. Поступово вязкість суміші буде підвищуватися, що викликає надмірні навантаження на мішалки. Для підвищення надійності кристалізатора в його конструкції передбачені зміювикові теплообмінники, по яким подається теплоносій. Таким чином кристалізаційна маса стає більш вязкою. При доведенні кристалізатора до робочої потужності, переходять на автоматичний режим, тому керування процесом значно спрощене. Полектом передбачається розроблення апарата вертикального типу, в якому обертання трубовала з дисками здійснюється від електродвигуна через редуктор і черв'ячну пару. На поперечній стінці корпуса розміщені два шибери. Робочий шибер вмикається від виконуючого механізму, нижній шибер з ручним приводом слугує для кінцевого спуску утфелю.

Експлуатація кристалізаторів утфелю заключається у підтримці рівня утфелю, який має бути на 150-200 мм нижчим верхнього положення перемішувачих елементів, в регулюванні інтенсивності падіння температури утфелю зміною кількості охолоджуючої води, вмісту кристалічного цукру в утфелі і коефіцієнтів перенасичення між кристалічного відтоку, в регулюванні підігріву утфелю перед фугуванням.

Кристалізацію необхідно проводити так, щоб росли уже існуючі кристали, а нові не з'являлися, тобто щоб не утворювалася кристалічна «мука», яка затрудняє фугування. Для цього кристалізація проводиться при коефіцієнтах перенасичення 1,20-1,25. Якщо в процесі кристалізації коефіцієнт перенасичення значно підвищується, то необхідно затримати процес охолодження, зменшивши кількість охолоджуючої води.

Так як із зниженням температури утфелю в'язкість його різко збільшується, то для зниження в'язкості утфель необхідно розкочати водою температурою, рівною температурі утфелю. Вся кількість води для розкочування утфелю, як правило, вводять у відсік, відділений зануреною в утфель перегородкою в кінці другого або початку третього кристалізатора, в місці, де температура утфелю складе 60-65 °С.

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

У всіх випадках припинення обертання мішальних елементів (зупинка двигуна, поломка зубів шестерень тощо) необхідно припинити подачу охолоджуючої води в кристалізатори. У випадку сильного згущення утфелю він може бути розігрітий подачею в поверхню теплообміну гарячої води.

Вертикальний кристалізатор має циліндричний корпус до якого знизу приварене конічне дно, а зверху на фланці кріпиться плоска кришка. Сам апарат розташовується на опорних стійках. В середині по осі апарату обертається вертикальний трубовал, до якого кріпляться лопаті пар рамних мішалок. Між кожною мішалкою розташовуються змієвики.

Трубовал приводиться в рух за допомогою редуктора через зубчату передачу. Перед пуском в експлуатацію вертикального кристалізатора необхідно впевнитись, чи перебуває кристалізатор в робочому стані. Всі комунікації повинні бути під'єднані, гідравлічний агрегат повинен бути заповнений маслом. В герметичності з'єднання царг, колін впевнюються проганяючи по системі. Перед заповнення апарату утфелем, вмикається система перемішування. Кристалізатор або батарея кристалізаторів повинні працювати відповідно технологічній схемі, виконаної для данного об'єкту.

Перед наповненням кристалізатора потрібно ввімкнути привід і по мірі припливу утфелю швидкість обертання вала має поступово збільшуватись, але і не допускається поревантаження приводу. Причиною цього може бути збільшення в'язкості утфелю по мірі його охолодження. В крайньому випадку, коли додавання води не дає належного ефекту, необхідно аварійно переключити кристалізатор на обігрів, щоб знизити в'язкість.

Після заповнення всіх кристалізаторів утфелем управління станції слід перевести на автоматичне.

Запропонована в даному проекті конструкція утфелемішалки-кристалізатора виключає будь-які опори кочення чи ковзання там, де є утфель. Зношуються під дією утфеля, таким чином, тільки ємність апарату і охолоджуючі труби. Утфель є одним з основних напівпродуктів кінцевої стадії цукрового виробництва. Утфель являє собою суміш кристалів цукру і

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

міжкристальної рідини. При його фугуванні відтік міжкристальної рідини утворює патоку.

При двопродуктовій схемі заводу мають два види утфелів : утфель 1 і утфель 2. В результаті фугування утфеля 1 отримують білий цукор, білу і зелену патоки, а при фугуванні утфеля 2 – жовтий цукор, буру патоку і мелясу. 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).

Кристали цукрози в утфелі виконують абразивний вплив на метали, що труться. Про це свідчать багаточисельні подряпини на поверхнях тертя, розташованих паралельно напрямку руху абразивів. Інтенсивність абразивного впливу кристалів цукру на поверхні, що труться, залежить від товщини прошарку міжкристальної рідини між ними, визначається величиною нормального тиску. Міжкристальна рідина має велику в'язкість, містить багато розчиненої цукрози і тому перешкоджає зчепленню металів.

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

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

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

Верхній вал циркулятора виготовляємо з сталі 45 ГОСТ 1050-74;

Муфту виготовляємо з сталі 45 ГОСТ 1050-74;

Лопаті та корпус виготовляємо з сталі Ст3 ГОСТ 380-88 .

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

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу [4]

Потужність заводу – 8000 т/добу

Склад сухих речовин (СР) в увареному утфелі ІІІ продукту – 94,6 %

Доброякісність $D_{яу}$ утфелю ІІІ продукту – 77,3 %

Склад СР у мелясі на розріджувачі – 84,6 %

Доброякісність меляси – 59,6 %

Кількість кристалів в утфелі – 38,3 %

Вихід утфелю ІІІ продукту – 8,3 %

Кількість утфелю ІІІ продукту (в т/год), який виходить із вакуум-апаратів сягає 8,3 %

$$G_{\text{утф.}} = \frac{A \cdot 8,3}{24 \cdot 100} = \frac{8000 \cdot 8,3}{24 \cdot 100} = 27,7$$

де А – потужність заводу

При рівномірному розподіленні утфелю по лініях кристалізації (при роботі чотирьох ліній) на одну лінію його припадає (в т/год)

$$g_{\text{утф.}} = \frac{G_{\text{утф.}}}{4} = \frac{27,7}{4} = 6,9$$

В розріджувач додають водно-мелясну суміш з кількістю СР – 80 %. Кількість меляси (у %), яку додають до утфелю знаходимо за формулою [4]

$$M = \frac{СР_{\text{утф.}} (D_{я\text{утф.}} - D_{я}) 100}{СР_{\text{м}} (D_{я\text{утф.}} - D_{я\text{м.}})} = \frac{94,6(77,3-77,25)100}{84,6(77,3-59,6)} = 0,32 \quad (2.1)$$

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

де $CP_{\text{утф.}}$ – масова доля СР звареного утфелю, %

$Dя_{\text{утф.}}$ – доброякісність звареного утфелю, %

$CP_{\text{м.}}$ – масова доля СР у мелясі, %

$Dя_{\text{м.}}$ – доброякісність меляси, %

$Dя$ – допустима доброякісність утфелю при вмісті кристалів 39,3 % - 77,25 %

Кількість води на розбавлення меляси (у % до вихідної кількості меляси) визначаємо за формулою

$$B = \frac{CP_{\text{м.}} - CP_{\text{в-м}}}{CP_{\text{в-м}}} \quad (2.2)$$

де $CP_{\text{м-с}}=80$ % – масова доля СР водно-мелясної суміші

$$B = \frac{84,6 - 80}{80} \cdot 100 = 5,75 \%$$

Кількість меляси, яка вводиться в утфель (в т/год)

$$G_{\text{м.}} = \frac{g_{\text{утф.}} \cdot M}{100} = \frac{6,9 \cdot 0,32}{100} = 0,022 \text{ т/год}$$

Кількість води (в т/год)

$$W = \frac{G_{\text{м.}} \cdot B}{100} = 0,0013$$

Таким чином кількість водно-мелясної суміші (в т/год) складе

$$G_{\text{в-м}} = G_{\text{м.}} + W = 0,022 + 0,0013 = 0,023$$

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

Всього в одну лінію кристалізації надходить утфелю та водно-мелясної суміші (в т/год)

$$G=6,9+0,023=6,923$$

Ємність однієї батареї кристалізаторів (в м³), яка складається з двох кристалізаторів складає[9]

$$V_{\text{роб.}}=2V-V_{\text{к.п.}}$$

де $V=180 \text{ м}^3$ – повний об'єм мішалки [паспортні дані]

$V_{\text{к.п.}}=90 \text{ м}^3$ – об'єм камери підігріву [паспортні дані]

$$V_{\text{роб.}}=2 \cdot 180 - 90 = 270 \text{ м}^3$$

Тоді час знаходження утфелю в батареї кристалізації (в год) становить

$$T = \frac{V_{\text{роб.}}}{G_v} \quad (2.3)$$

де G_v – об'ємна витрата утфелю, м³/год

де $\gamma=1,505 \text{ т/м}^3$ [4]

$$G_v = \frac{6,923}{1,505} = 4,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 2.3 і обчислюємо

$$T = \frac{270}{4,6} = 58,7 \text{ год}$$

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

Знаходимо температуру утфелю в результаті змішування його із водно-мелясною сумішшю. Температура утфелю після вакуум-апаратів при надходженні в кристалізатор становить 74 °С . Температура водно-мелясної суміші – 90 °С. Із теплового балансу маємо

$$c_{\text{утф.}} \cdot G(t_2 - 74) = c_{\text{в-м}} \cdot G_{\text{в-м}}(90 - t_2) \quad (2.4)$$

де $c_{\text{утф.}} = 0,4 \cdot 4.187 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$ – теплоємність утфелю

$c_{\text{в-м}} = 0,54 \cdot 4.187 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$ – теплоємність водно-мелясної суміші

Звідки температура (в °С) після розріджувача складе

$$t_2 = \frac{90(c_{\text{в-м}} \cdot G_{\text{в-м}}) + 74(c_{\text{утф.}} \cdot G)}{c_{\text{в-м}} \cdot G_{\text{в-м}} + c_{\text{утф.}} \cdot G} = \frac{90(0,5 \cdot 0,023) + 74(0,4 \cdot 6,923)}{0,5 \cdot 0,023 + 0,4 \cdot 6,923} = 74,1$$

Температурний режим станції кристалізації по даним лабораторії

Працює чотири батареї по дві мішалки для потужності заводу 8000 т/добу.

Кількість утфелю на одну батарею $G = 6,9 \text{ т/год}$.

Встановлені насоси охолоджувальної води СОР-30 з продуктивністю $Q = 30 \text{ м}^3/\text{год}$.

При рівномірному розподілі води на одну зону витрачається $15 \text{ м}^3/\text{год}$. Виходячи із заданого температурного режиму визначаємо кількість води, необхідної для охолодження утфелю в І зоні

$$0,95 \cdot c_{\text{утф.}} \cdot G(t_{\text{п.у.}} - t_{\text{к.у.}}) = c_{\text{в.}} \cdot M_{\text{в.}}(t_{\text{к.в.}} - t_{\text{п.в.}}) \quad (2.5)$$

де 0,95 - коефіцієнт, що враховує 5 % втрат тепла

$c_{\text{утф.}} = 0,454 \cdot 4.187 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$ – теплоємність суміші утфелю та водно-мелясної маси

$M_{\text{в.}}$ – кількість води для охолодження

$c_{\text{в.}} = 4.187 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$ – теплоємність води

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

$$M_{B.} = \frac{0,95 \cdot c_{\text{утф.}} \cdot G \cdot (t_{\text{п.у.}} - t_{\text{к.у.}})}{c_{\text{в.}} \cdot (t_{\text{в.к.}} - t_{\text{в.п.}})} = \frac{0,95 \cdot 0,45 \cdot 6,9(70-57)}{1(57-49)} = 4,81 \text{ т/ГОД}$$

Знаходимо необхідну кількість води для II зони з теплового балансу

$$0,95 \cdot c_{\text{утф.}} \cdot G(t_{\text{п.у.}} - t_{\text{к.у.}}) = c_{\text{в.}} \cdot M_{\text{в.}}(t_{\text{к.в.}} - t_{\text{п.в.}}) \quad (2.6)$$

$$M_{\text{в.}} = \frac{0,95 \cdot c_{\text{утф.}} \cdot G \cdot (t_{\text{п.у.}} - t_{\text{к.у.}})}{c_{\text{в.}} \cdot (t_{\text{в.к.}} - t_{\text{в.п.}})} = \frac{0,95 \cdot 0,45 \cdot 6,9(57-50)}{1(45-38)} = 2,96 \text{ т/ГОД}$$

Знаходимо необхідну кількість води в III зоні, виходячи з теплового балансу

$$0,95 \cdot c_{\text{утф.}} \cdot G(t_{\text{п.у.}} - t_{\text{к.у.}}) = c_{\text{в.}} \cdot M_{\text{в.}}(t_{\text{к.в.}} - t_{\text{п.в.}}) \quad (2.7)$$

$$M_{\text{в.}} = \frac{0,95 \cdot c_{\text{утф.}} \cdot G \cdot (t_{\text{п.у.}} - t_{\text{к.у.}})}{c_{\text{в.}} \cdot (t_{\text{в.к.}} - t_{\text{в.п.}})} = \frac{0,95 \cdot 0,45 \cdot 6,9(50-36)}{1(35-30)} = 8,29 \text{ т/ГОД}$$

Визначаємо, яка буде різниця між дійсною температурою охолоджувальної води, що виходить та температурою, заданою технологічним режимом в зоні підігріву IV, виходячи з теплового балансу

$$0,95 \cdot c_{\text{утф.}} \cdot G(t_{\text{к.у.}} - t_{\text{п.у.}}) = c_{\text{в.}} \cdot M_{\text{в.}}(t_{\text{п.в.}} - t_{\text{к.в.}}) \quad (2.8)$$

$$t_{\text{к.в.}} = \frac{c_{\text{в.}} \cdot M_{\text{в.}} \cdot t_{\text{п.в.}} - 0,95 \cdot c_{\text{утф.}} \cdot G(t_{\text{к.у.}} - t_{\text{п.у.}})}{c_{\text{в.}} \cdot M_{\text{в.}}} =$$

$$= \frac{1 \cdot 4,81 \cdot 57 - 0,95 \cdot 0,45 \cdot 6,9(45-36)}{1 \cdot 4,81} = 51,48 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура розрахункова $t_{\text{к.в.розр.}} = 51,48 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура по режиму $t_{\text{к.в.}} = 51 \text{ }^{\circ}\text{C}$

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

Різниця між розрахунковою температурою і температурою по режиму (в °С)

$$\Delta t = t_{\text{к.в.розр.}} - t_{\text{к.в.}} = 51,48 - 51 = 0,48 \quad (2.9)$$

Отже, тепловий баланс практично видержаний.

2.2 Технологічні розрахунки

Середню різницю температур між водою і утфелем, що охолоджується, визначають як середньологарифмічну різницю:

$$\Delta t_c = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{60 - 20}{\ln \frac{60}{20}} = 36,4 \quad (2.10)$$

де $\Delta t_{\delta}, \Delta t_m$ — різниці температур між утфелем і водою;

Середня температура утфеля:

$$t_c = t_{\text{ноч}} - \Delta t_c = 80 - 36,4 = 43,6$$

При середній температурі t_c і концентрації Б теплофізичні параметри утфелю та води визначаються за допомогою рівнянь або таблиць. (2.11-2.12)

$$\mu = \left(470 - \frac{470 - 406}{10} \cdot 4 \right) \cdot 10^{-6} = 4,444 \cdot 10^{-4} (\text{Па} \cdot \text{с})$$

В'язкість

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

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{CT}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$K_{01} = \frac{1}{\frac{1}{3.519 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{2,986 \cdot 10^3}} = 1.135 \cdot 10^3$$

$$K_{02} = \frac{1}{\frac{1}{3.519 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{4,779 \cdot 10^3}} = 1.727 \cdot 10^3$$

$$K_{03} = \frac{1}{\frac{1}{3.519 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{6,414 \cdot 10^3}} = 1.902 \cdot 10^3$$

$$K_{04} = \frac{1}{\frac{1}{3.519 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{7,949 \cdot 10^3}} = 2.017 \cdot 10^3$$

$$\rho = 983 - \frac{983 - 978}{10} \cdot 4 = 981 (\text{кг}/\text{м}^3)$$

$$c = \left(\frac{4,19 - 4,18}{10} \cdot 4 + 4,18 \right) \cdot 10^3 = 4,184 \cdot 10^3 (\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}))$$

(2.13)

Загальний коефіцієнт теплопередачі визначають за такою формулою:

де α — коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки, Вт/(м² · К);

δ — товщина стінки, м; λ — теплопровідність стінки, Вт/(м² · К);

α_2 — коефіцієнт тепловіддачі від стінки до утфелю, Вт/(м² · К).

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

$$Re = \frac{w \cdot d_g \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re_1 = \frac{0,5 \cdot 0,03 \cdot 981}{4,444 \cdot 10^{-4}} = 3,311 \cdot 10^4$$

$$Re_2 = \frac{0,9 \cdot 0,03 \cdot 981}{4,444 \cdot 10^{-4}} = 5,96 \cdot 10^4$$

$$Re_3 = \frac{1,3 \cdot 0,03 \cdot 981}{4,444 \cdot 10^{-4}} = 8,609 \cdot 10^4$$

$$Re_4 = \frac{1,7 \cdot 0,03 \cdot 981}{4,444 \cdot 10^{-4}} = 1,126 \cdot 10^5$$

(2.14)

Коефіцієнт тепловіддачі α_2 визначається залежно від режиму руху рідини.

При $Re > 10000$ (2.15)

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} Pr^{0,43}$$

$$Nu_1 = 0,1 \cdot (3,311 \cdot 10^4)^{0,33} \cdot (2,808)^{0,43} = 135,213$$

$$Nu_2 = 0,1 \cdot (5,96 \cdot 10^4)^{0,33} \cdot (2,808)^{0,43} = 216,39$$

$$Nu_3 = 0,1 \cdot (8,609 \cdot 10^4)^{0,33} \cdot (2,808)^{0,43} = 290,401$$

$$Nu_4 = 0,1 \cdot (1,126 \cdot 10^5)^{0,33} \cdot (2,808)^{0,43} = 359,917$$

де Nu, Re, Pr, Gr — відповідно критерії Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа;

$$Pr_{CT} = 2,808$$

Pr_{CT} — критерії Прандтля при температурі стінки.

У рівняннях фізичні константи треба вибирати за середньою температурою рідини.

Визначальний геометричний розмір — внутрішній діаметр трубки d_B , м.

За знайденою величиною Nu: (2.16)

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

$$\alpha_2 = \frac{Nu\lambda}{d_B}$$

$$\alpha_{21} = \frac{135,213 \cdot 0,663}{0,03} = 2,986 \cdot 10^3$$

$$\alpha_{22} = \frac{216,39 \cdot 0,663}{0,03} = 4,779 \cdot 10^3$$

$$\alpha_{23} = \frac{290,401 \cdot 0,663}{0,03} = 6,414 \cdot 10^3$$

$$\alpha_{24} = \frac{359,917 \cdot 0,663}{0,03} = 7,949 \cdot 10^3$$

Розрахункове рівняння для обчислення коефіцієнта тепловіддачі α_1 :

$$\alpha_1 = 2,04A_4 \sqrt{\frac{r}{H\Delta t_1}} = 2,04 \cdot 170 \cdot \sqrt{\frac{2417}{3 \cdot 4}} = 3.519 \cdot 10^3 \quad (2.17)$$

де $A=170$ — розрахунковий коефіцієнт, який залежить від фізичних властивостей охолоджуючої рідини,

$r = 2417 \cdot 10^3$ (Дж/кг) — питома теплота;

$H=3$ м — висота вертикальної трубки;

$t_p - t_{cm1} = 10 - = 76^\circ C$ — різниця температур;

$t_p = 10^\circ C$ — температура охолоджуючої води;

$$t_{nl} = \frac{t_p + t_{CT1}}{2} = \frac{4 + 80}{2} = 42^\circ C \quad (2.18)$$

У зв'язку з тим, що температура стінки зі сторони холодної води t_{cII} невідома, її визначають методом послідовного наближення. Для цього задаються значенням t_{cm1} яке знаходиться між t_p і t_c при цьому буде ближче до t_p .

Задану температуру перевіряють за таким рівнянням: (2.19)

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

$$t_{cm1} = t_p - \frac{K}{\alpha_1} \Delta t_c = 10 - \frac{1,135 \cdot 10^3}{3.519 \cdot 10^3} \cdot 36 = 25.856^\circ \text{C}$$

де $K = K_0 \varphi = 1,419 \cdot 10^3 \cdot 0,8 = 1,135 \cdot 10^3$ — розрахунковий коефіцієнт теплопередачі.

Різниця між заданою і розрахунковою температурами повинна бути не вища 1°C

2.3. Конструктивний розрахунок

Важливою частиною конструктивного розрахунку є розрахунок проточної частини трубного простору. Виходячи із заданої продуктивності апарата і швидкості руху рідини з рівняння витрат визначають площу прохідного перерізу трубок одного ходу, м^2 :

$$f = \frac{G}{\rho w}$$

$$f_1 = \frac{26,389}{981 \cdot 0.5} = 0,054(\text{м}^2)$$

$$f_2 = \frac{26,389}{981 \cdot 0.9} = 0,03(\text{м}^2)$$

$$f_3 = \frac{26,389}{981 \cdot 1.3} = 0,021(\text{м}^2)$$

$$f_4 = \frac{26,389}{981 \cdot 1.7} = 0,016(\text{м}^2)$$

Де G — витрата рідини, кг/с ; ρ — густина рідини, кг/м^3 ; w — швидкість руху рідини всередині трубок, м/с .

Звідси число трубок одного ходу (2.21)

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

$$n = \frac{f}{0,785d_e^2}$$

$$n_1 = \frac{0,054}{0,785 \cdot 0,03} = 76,638 \approx 77$$

$$n_2 = \frac{0,03}{0,785 \cdot 0,03} = 42,577 \approx 43$$

$$n_3 = \frac{0,021}{0,785 \cdot 0,03} = 28,976 \approx 29$$

$$n_4 = \frac{0,016}{0,785 \cdot 0,03} = 22,541 \approx 23$$

де d_b — внутрішній діаметр трубки, м.

Розрахункова довжина всіх ходів, м. (2.22)

$$L = \frac{F}{\pi d_p n}$$

$$L_1 = \frac{66.406}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 77} = 9.053(м)$$

$$L_2 = \frac{51.576}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 42} = 12.016(м)$$

$$L_3 = \frac{45.79}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 29} = 16.479(м)$$

$$L_4 = \frac{41.441}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 23} = 19.696(м)$$

де d_p — розрахунковий діаметр трубки, який визначають залежно від співвідношення :

$$\alpha_1 \text{ і } \alpha_2 \text{ (при } \alpha_1 \approx \alpha_2 \text{ } d_p = 0,5(d_e - d_3); \text{ при } \alpha_1 \gg \alpha_2 \text{ } d_p = d_e; \text{ при } \alpha_1 \ll \alpha_2 \text{ } d_p = d_3)$$

Загальна кількість трубок: (2.23)

$$z = \frac{L}{H}$$

$$z_1 = \frac{9.053}{3} = 2.018 \approx 3$$

$$z_2 = \frac{12.016}{3} = 3.339 \approx 4$$

$$z_3 = \frac{16.479}{3} = 4.493 \approx 5$$

$$z_4 = \frac{19.696}{3} = 5.565 \approx 6$$

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

$$n_3 = z \cdot n$$

$$n_{31} = 3 \cdot 76 = 228$$

$$n_{32} = 4 \cdot 42 = 168$$

$$n_{33} = 5 \cdot 29 = 145$$

$$n_{34} = 6 \cdot 22 = 132$$

Труби в трубних контурах розміщуємо правильним шестикутником. Для даного випадку при визначенні в теплообміннику загальної кількості труб n виходять з кількості труб a , розміщених на стороні найбільшого шестикутника:

Кількість труб, розміщених по діагоналі найбільшого шестикутника, (2.24)

$$n = 3a(a - 1) + 1 = 3 \cdot 5(5 - 1) + 1 = 61 \text{ при } a = 5$$

$$D = t(b - 1) + 4d_3 = 0,041 \cdot (9 - 1) + 4 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 0,462 \approx 0,5 \text{ м}$$

2.4. Гідравлічний розрахунок

Знаходимо розрахункову потужність (у Вт) електродвигуна за формулою [3]

$$N_{\text{розр.}} = K_N d^5 n^3 \rho \quad (2.25)$$

де $d=3,9$ м – діаметр мішалки (конструктивно приймаємо)

$n=1,3$ об/хв – частота обертання валу (паспортні дані)

$\rho=1505$ кг/м³ – густина утфелю, що задається в кристалізатор [4]

K_{N1} – коефіцієнт потужності

Для знаходження коефіцієнту потужності визначаємо критерій Re_m для лопатевої мішалки (оскільки вона максимально подібна по конструкції) за формулою [3]

$$Re_m = \frac{nd^2\rho}{\mu} \quad (2.26)$$

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

де $\mu=40=4$ Па·с – динамічна в'язкість утфелю, що задається в кристалізатор [4, ст. 296]

$$Re_m = \frac{1,3 \cdot 3,9^2 \cdot 1505}{4} = 7440$$

По діаграмі [3,] знаходимо коефіцієнт потужності $K_N=0,3$.

У зв'язку з відсутністю належної геометричної подібності модельної і наявної мішалок, даний коефіцієнт потрібно уточнити по формулі [3]

$$K_N = K_{N1} f_D f_h f_b z \quad (2.27)$$

де $z=5$ – кількість мішалок (пар лопатей) на валу

$$f_D = \left(\frac{D}{\alpha d}\right)^2 - \text{поправочний коефіцієнт [3]}$$

де $D=4,2$ м – внутрішній діаметр апарату (конструктивно приймаємо)

$$\alpha = \frac{D}{d} = \frac{4,2}{3,9} = 1,077 \text{ м} \quad (2.28)$$

$$f_D = \left(\frac{4,2}{1,077 \cdot 3,9}\right)^{1,077} = 1$$

$$f_H = \frac{f_{h1} + f_{h2} + f_{h3} + f_{h4} + f_{h5}}{z} - \text{поправочний коефіцієнт}$$

$$\text{де } f_{h1} = \left(\frac{H}{D}\right)^{h1} \quad (2.29)$$

де $H=10,25$ м – висота рівня заповнення апарату (конструктивно приймаємо)

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

$h_1=0,87$ м – висота від першої пари лопатей до днища апарату
(конструктивно приймаємо)

$$f_{h_1} = \left(\frac{10,25}{4,2} \right)^{0,87} = 2,17$$

$$f_{h_2} = \left(\frac{H}{D} \right)^{h_2} \quad (2.30)$$

де $h_2=2,75$ м – висота від другої пари лопатей до днища апарату
(конструктивно приймаємо)

$$f_{h_2} = \left(\frac{10,25}{4,2} \right)^{2,75} = 11,62$$

$$f_{h_3} = \left(\frac{H}{D} \right)^{h_3} \quad (2.31)$$

де $h_3=4,5$ м – висота від третьої пари лопатей до днища апарату
(конструктивно приймаємо)

$$f_{h_3} = \left(\frac{10,25}{4,2} \right)^{4,5} = 55,37$$

$$f_{h_4} = \left(\frac{H}{D} \right)^{h_4} \quad (2.32)$$

де $h_4=6,25$ м – висота від четвертої пари лопатей мішалки до днища апарату
(конструктивно приймаємо)

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

$$f_{h_4} = \left(\frac{10,25}{4,2} \right)^{6,25} = 263,75$$

$$f_{h_4} = \left(\frac{H}{D} \right)^{h_4} \quad (2.33)$$

де $h_5=8,0$ м – висота від п'ятої пари лопетей мішалки до днища апарату (конструктивно приймаємо)

$$f_{h_5} = \left(\frac{10,25}{4,2} \right)^{8,0} = 1256,37 \quad (2.34)$$

$$f_h = \frac{2,17+11,62+55,37+263,75+1256,37}{5} = 317,86$$

$$f_b = \left(\frac{b}{\beta d} \right)^\beta \quad (2.35)$$

де $b=0,375$ м – сумарна ширина лопаті (конструктивно приймаємо)

$$\beta = \frac{b}{d} = \frac{0,375}{3,9} = 0,096 \text{ – відношення ширини до діаметра}$$

$$f_b = \left(\frac{0,375}{0,096 \cdot 3,9} \right)^{0,096} = 1$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 4.11 і обчислюємо

$$K_N = 0,3 \cdot 1 \cdot 317,86 \cdot 1 \cdot 5 = 476,8$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 2.27 і обчислюємо

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

$$N_{\text{розр.}}=476,8 \cdot 3,9^5 \cdot 1,3^3 \cdot 1505=6862,49 \text{ Вт}$$

Уточнюємо розрахункову потужність електродвигуна за формулою [3]

$$N_{\text{дв.}} = \frac{N_{\text{розр.}} \cdot f_3 \cdot f_{\text{п.}}}{1000\eta} \quad (2.36)$$

де $f_3=2$ – коефіцієнт, що враховує наявність змієвика

$f_{\text{п.}}=1,3$ – коефіцієнт, що враховує пусковий момент

$\eta=0,96$ - коефіцієнт корисної дії передачі

$$N_{\text{дв.}} = \frac{6862,49 \cdot 2 \cdot 1,3}{1000 \cdot 0,96} = 18,54 \text{ кВт}$$

Розрахунок зубчастої передачі

Попередньо задаємося кількістю зубів на шестерні $z_1=18$, а на колесі $z_2=162$.

Знаходимо передаточне відношення на зубчастій передачі за формулою [6, ст. 35]

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{162}{18} = 9 \quad (3.7)$$

Для нормального проходження процесу кристалізації вал мішалки повинен обертатися із 1,3 об/хв. Знаючи частоту на веденому валу передачі n_2 знаходимо частоту обертання на ведучому валу передачі за формулою [6, ст. 35]

$$n_1 = u \cdot n_2 = 9 \cdot 1,3 = 11,7 \text{ об/хв} \quad (3.8)$$

Приймаємо $n_1=12$ об/хв

Так як знайдена частота n_1 відповідає частоті обертання вихідного валу редуктора, то по даній частоті приймаємо мотор-редуктор циліндричний співосний марки Nord типу SK103/52F – 180MX/4 [www.nord.com] з крутним

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

моментом на вихідному валу $T_1=14723 \text{ Н}\cdot\text{м}$ і потужністю електродвигуна $P=18,5 \text{ кВт}$. Кінематична схема приводу зображена на мал.3.1.

По таблиці П21 [7, ст. 368] і таблиці П3 [7, ст. 358] обираємо матеріал для виготовлення зубчастих коліс Сталь 45 з твердістю по Брінелю $HV=250$, межею міцності $\sigma=883 \text{ МПа}$. Термообробка – покращення.

Допустиме навантаження на контактну витривалість зубів (в МПа) визначаємо за формулою [7, ст. 97]

$$\sigma_{HP} = \sigma_{HP}^0 \cdot K_{HL} \quad (3.9)$$

де $\sigma_{HP}^0=600 \text{ МПа}$ – допустиме контактне напруження [7, ст. 371]

K_{HL} – коефіцієнт циклічної довговічності

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_H}{N_{HE}}} \quad (3.10)$$

де $N_H=1,5 \cdot 10^7$ – база випробувань напружень [7, ст. 371]

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 t_{\text{год}} n_1 \quad (3.11)$$

де $t_{\text{год}}=10^5 \text{ год}$ – ресурс передачі

$$N_{HE} = 60 \cdot 10^5 \cdot 12 = 7,02 \cdot 10^7$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 4.19 і обчислюємо

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{1,5 \cdot 10^7}{7,02 \cdot 10^7}} = 0,77$$

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

Приймаємо $K_{HL}=1$

Знайдені величини підставляємо у формулу 4.18 і обчислюємо

$$\sigma_{HP}=600 \cdot 1=600 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на згин (в МПа) визначаємо за формулою [7, ст. 97]

$$\sigma_{FP}=\sigma_{FP}^0 \cdot K_{FL} \quad (3.12)$$

де $\sigma_{FP}^0=195$ МПа – допустиме напруження при розрахунку на витривалість зубців при згині [7, ст. 371]

$K_{FL}=1$ – коефіцієнт циклічної довговічності [7, ст. 100]

$$\sigma_{FP}=195 \cdot 1=195 \text{ МПа}$$

Визначаємо міжосьову відстань передачі (в мм) по формулі [6, ст. 32]

$$a_w=K_a(u+1)^3 \sqrt{\frac{K_{H\beta} \cdot T_2}{u^2 \cdot \psi_{ba} \cdot \sigma_{HP}^2}} \quad (3.13)$$

де $K_a=49,5$ – для прямозубих передач [6, ст. 32]

$\psi_{ba}=0,31$ – коефіцієнт ширини зубчастих коліс [7, ст. 101]

$K_{H\beta}=1,055$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілення навантаження [7, ст. 369]

T_2 – крутний момент на вихідному валу передачі, Н·мм

$$T_2=T_1 \cdot u \cdot 0,96=14723 \cdot 10^3 \cdot 9 \cdot 0,96=123768 \cdot 10^6 \text{ Н·мм} \quad (4,23)$$

де 0,96 – коефіцієнт корисної дії прямозубої зубчастої передачі

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

Знайдені величини підставляємо у формулу 4.22 і обчислюємо

$$a_w = 49,5(9+1) \sqrt[3]{\frac{1,055 \cdot 123,768 \cdot 10^6}{9^2 \cdot 0,31 \cdot 600^2}} = 1205 \text{ мм}$$

Знаходимо модуль (в мм) передачі за формулою [7, ст. 101]

$$m = 0,01 a_w = 0,01 \cdot 1205 = 12,05 \quad (3.14)$$

По таблиці П23 [7, ст. 369] приймаємо модуль $m = 12$ мм

Обраховуємо ділительний діаметр (в мм) шестерні по формулі [7, ст. 101]

$$d_1 = m z_1 = 12 \cdot 18 = 216 \quad (3.15)$$

Обраховуємо діаметр вершин зубців (в мм) шестерні по формулі [7, ст. 101]

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 216 + 2 \cdot 12 = 240 \quad (3.16)$$

Обраховуємо діаметр впадин зубців шестерні (в мм) по формулі [7, ст. 101]

$$d_{j1} = d_1 - 2,5m = 216 - 2,5 \cdot 12 = 186 \quad (3.17)$$

Обраховуємо ділительний діаметр (в мм) зубчастого колеса по формулі [7, ст. 101]

$$d_2 = m z_2 = 12 \cdot 168 = 1944 \quad (3.18)$$

Обраховуємо діаметр вершин зубців (в мм) зубчастого колеса по формулі [7, ст. 101]

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

$$d_{a2}=d_2+2m=1944+2\cdot 12=1968 \quad (3.19)$$

Обраховуємо діаметр впадин зубців зубчастого колеса (в мм) по формулі [7, ст. 101]

$$d_{j2}=d_2-2,5m=1944-2,5\cdot 12=1920 \quad (3.20)$$

Уточнюємо міжосьову відстань (в мм) передачі по формулі [7, ст. 101]

$$a_w=0,5(d_1+d_2)=0,5(216+1944)=1080 \quad (3.21)$$

Уточнюємо ширину зубчастих коліс (в мм) по формулі [7, ст. 101]

$$b=\psi_{ba}a_w=0,31\cdot 1080=334,8 \quad (3.22)$$

Приймаємо $b_1=335$ мм , $b_2=334$ мм

Визначаємо кутову швидкість (в м/с) і назначаємо степінь точності передачі по формулі [7, ст. 102]

$$v=\frac{\pi d_1 n_1}{60}=\frac{3,14\cdot 216\cdot 10^{-3}\cdot 12}{60}=0,14 \quad (3.23)$$

Приймаємо 9-ту ступінь точності [7, ст. 96]

Визначаємо сили (в Н), що діють в зачепленні формулах [7, ст. 102]

$$F_t=2T_1/d_1=2\cdot 14723\cdot 10^3/216=236,3\cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.24)$$

$$F_r=F_t \operatorname{tg}20^\circ=136,3\cdot 10^3\cdot 0,034=49,6\cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.25)$$

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

Перевіряємо міцність зубів на контактну витривалість за формулою [7, ст. 102]

$$\sigma_H = Z_H Z_M Z_\varepsilon \sqrt{\frac{K_H F_t (u+1)}{d_1 b_2 u}} \leq \sigma_{HP} \quad (3.26)$$

де $Z_H=1,76$ – коефіцієнт, що враховує спряження поверхні зубів [7, ст. 96]

$Z_M=274 \cdot 10^3 \text{ Па}^{1/2}$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів [7, ст. 368]

Z_ε – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} \quad (3.27)$$

$$\text{де } \varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta \quad (3.28)$$

де $\cos \beta = \cos 0^\circ = 1$ – для прямозубих передач

$$\varepsilon_\alpha = 1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{18} + \frac{1}{162} \right) = 1,78$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 4.37 і обчислюємо

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - 1,78}{3}} = 0,85$$

де $K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}$ – коефіцієнт навантаження

$$K_{H\alpha} = 1,05 \text{ [7, ст. 370]}$$

$$K_H = 1,055 \cdot 1,05 = 1,12$$

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

Знайдені величини підставляємо у формулу 4.36 і обчислюємо

$$\sigma_H = 1,76 \cdot 274 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \sqrt{\frac{1,12 \cdot 136,3 \cdot 10^3 (9+1)}{216 \cdot 334 \cdot 10^{-6} \cdot 9}} = 627,3 \cdot 10^3 \leq \sigma_{HP}$$

Перенапруження при $\sigma_H = 627,3$ МПа складе

$$\frac{\sigma_H - \sigma_{HP}}{\sigma_{HP}} 100\% = \frac{627 - 600}{600} 100\% = 4,5\% \leq 5\%$$

Передача допустима до експлуатації і перерахунку не потребує.

Міцність зубів по напруженню на згин перевіряємо за формулою [7, ст. 93]

$$\sigma_F = \frac{Y_F K_F F_t}{b m} \leq \sigma_{FP} \quad (3.29)$$

де $Y_F = 4,24$ – коефіцієнт форми зуба [7, ст. 370]

$$K_F = K_{F\beta} K_{Fv} \quad (3.30)$$

де $K_{F\beta} = 1,0025$ [7, ст. 369]

$$K_{Fv} = 2K_{Hv} - 1 = 2 \cdot 1,05 - 1 = 1,1$$

$$K_F = 1,0025 \cdot 1,1 = 1,103$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 4.39 і обчислюємо

$$\sigma_F = \frac{4,24 \cdot 1,103 \cdot 136,3 \cdot 10^3}{335 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3}} = 158,2 \leq \sigma_{FP}$$

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

Передача допустима до експлуатації і перерахунку не потребує.

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Гідравлічний розрахунок теплообмінних труб потрібний для визначення потужності насосів і та встановлення оптимального режиму роботи апарата.

Потужність, потрібну для переміщення теплоносія через апарат, Вт, (2.37)

$$N = \frac{V\Delta p}{\eta}$$

$$N_1 = \frac{0,027 \cdot 7.321 \cdot 10^3}{0,6} = 328.236 (Вт) \quad N_2 = \frac{0,027 \cdot 3.219 \cdot 10^4}{0,6} = 1443 (Вт)$$

$$N_3 = \frac{0,027 \cdot 8.442 \cdot 10^4}{0,6} = 3.785 \cdot 10^3 (Вт) \quad N_4 = \frac{0,027 \cdot 17.340 \cdot 10^4}{0,6} = 7.774 \cdot 10^3 (Вт)$$

де $V = \frac{G}{\rho} = \frac{26,389}{981} = 0,027 (м^3 / с)$ — об'ємні витрати рідини; (2.38)

$$\Delta p = \Delta p_{тер} + \Delta p_m = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{w^2 \rho}{2}$$

$$\Delta p_1 = \left(\frac{0,023 \cdot 27.053}{0,033} + 40.5 \right) \cdot \frac{0,5^2 \cdot 981}{2} = 7.321 \cdot 10^3 (Па)$$

$$\Delta p_2 = \left(\frac{0,02 \cdot 40.016}{0,033} + 56.5 \right) \cdot \frac{0,9^2 \cdot 981}{2} = 3.219 \cdot 10^4 (Па)$$

$$\Delta p_3 = \left(\frac{0,018 \cdot 52.479}{0,033} + 72.5 \right) \cdot \frac{1,3^2 \cdot 981}{2} = 8.442 \cdot 10^4 (Па)$$

$$\Delta p_4 = \left(\frac{0,017 \cdot 64.696}{0,033} + 88.5 \right) \cdot \frac{1,7^2 \cdot 981}{2} = 1.743 \cdot 10^5 (Па)$$

де Δp — перепад тисків в апараті,

η — К.К.Д. насоса або вентилятора.

Гідравлічний опір апарата складається з опору тертя $\Delta p_{тер}$ і місцевих опорів Δp_m . Отже, повний гідравлічний опір

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

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}}$$

$$\lambda_1 = \frac{0,316}{(3,311 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,023$$

$$\lambda_2 = \frac{0,316}{(5,96 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,02$$

$$\lambda_3 = \frac{0,316}{(8,609 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,018$$

$$\lambda_4 = \frac{0,316}{(1,126 \cdot 10^5)^{0,25}} = 0,017$$

де λ — коефіцієнт гідравлічного тертя;

L — загальна довжина труби, м;

d — діаметр труби, м;

ξ — коефіцієнт місцевого опору; w — швидкість руху теплоносія, м/с;

ρ — густина теплоносія, кг/м³. (2.39)

$$\xi_1 = 1,5 \quad \xi_2 = 2,5 \quad \xi_3 = 0,5 \quad \xi_4 = 1$$

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_1 + (z-1) \cdot \xi_2 + z \cdot \xi_3 + z \cdot \xi_4$$

$$\sum \xi_1 = 2 \cdot 1,5 + (10-1) \cdot 2,5 + 10 \cdot 0,5 + 10 \cdot 1 = 40,5$$

$$\sum \xi_2 = 2 \cdot 1,5 + (14-1) \cdot 2,5 + 14 \cdot 0,5 + 14 \cdot 1 = 56,5$$

$$\sum \xi_3 = 2 \cdot 1,5 + (18-1) \cdot 2,5 + 18 \cdot 0,5 + 18 \cdot 1 = 72,5$$

$$\sum \xi_4 = 2 \cdot 1,5 + (22-1) \cdot 2,5 + 22 \cdot 0,5 + 22 \cdot 1 = 88,5$$

Значення коефіцієнтів місцевих опорів беремо з таблиць відповідних літературних джерел [1].

Встановлені насоси охолоджувальної води СОР-30 з продуктивністю $Q=30$ м³/год.

При рівномірному розподілі води на одну зону витрачається 15 м³/год.

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

Необхідний об'єм утфемішлок визначаємо з умови:

$$V_{\Pi} = (1,5 \div 2)V_{\Pi}; \text{ м}^3 \quad (2.40)$$

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

де $V_{ц}$ – об'єм разового завантаження утфеля в ротор центрифуги даної групи; m^3 .

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

$$M = \frac{P \cdot a \cdot Z}{1440 \cdot 10 \cdot \eta}; T \quad (2.41)$$

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 цикла роботи центрифуги; $Z=3,5$ хв.

$H=0,9$ – експлуатаційний коефіцієнт.

Таким чином:

$$M = \frac{8000 \cdot 8,3 \cdot 3,5}{1440 \cdot 10 \cdot 0,9} = 17,9 \text{ т}$$

При цьому об'єм разового завантаження утфелю складатиме:

$$V_{ц} = \frac{M}{\rho} = \frac{17,9}{1,497} = 11,99 m^3 \quad (2.42)$$

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

Таким чином, необхідний повний об'єм утфемішалки складатиме:

$$V_{п} = (1,5 \div 2) \cdot 11,99 = (17,99 - 23,98) m^3$$

До установки приймаємо 5 утфемішалок об'ємом $4,5 m^3$ кожна.

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

Розрахунок привода мішалки[6].

Попередньо задаємося кількістю зубів на шестерні $z_1=18$, а на колесі $z_2=162$. Знаходимо передаточне відношення на зубчастій передачі за формулою [6]

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{162}{18} = 9 \quad (2.43)$$

Для нормального проходження процесу кристалізації вал мішалки повинен обертатися із 1,3 об/хв. Знаючи частоту на веденому валу передачі n_2 знаходимо частоту обертання на ведучому валу передачі за формулою [6]

$$n_1 = u \cdot n_2 = 9 \cdot 1,3 = 11,7 \text{ об/хв} \quad (2.44)$$

Приймаємо $n_1=12$ об/хв

Так як знайдена частота n_1 відповідає частоті обертання вихідного валу редуктора, то по даній частоті приймаємо мотор-редуктор циліндричний співосний марки Nord типу SK103/52F – 180MX/4 [6] з крутним моментом на вихідному валу $T_1=14723$ Н·м і потужністю електродвигуна $P=18,5$ кВт.

По таблиці [6] обираємо матеріал для виготовлення зубчастих коліс Сталь 45 з твердістю по Брінелю $HV=250$, межею міцності $\sigma=883$ МПа. Термообробка – покращення.

Допустиме навантаження на контактну витривалість зубів (в МПа) визначаємо за формулою [6]

$$\sigma_{HP} = \sigma_{HP}^0 \cdot K_{HL} \quad (2.45)$$

де $\sigma_{HP}^0=600$ МПа – допустиме контактне напруження [6]

K_{HL} – коефіцієнт циклічної довговічності

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

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_H}{N_{HE}}} \quad (2.46)$$

де $N_H = 1,5 \cdot 10^7$ – база випробувань напружень [7, ст. 371]

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 t_{год} n_1 \quad (2.47)$$

де $t_{год} = 10^5$ год – ресурс передачі

$$N_{HE} = 60 \cdot 10^5 \cdot 12 = 7,02 \cdot 10^7$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 2.45 і обчислюємо

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{1,5 \cdot 10^7}{7,02 \cdot 10^7}} = 0,77$$

Приймаємо $K_{HL} = 1$

Знайдені величини підставляємо у формулу 4.18 і обчислюємо

$$\sigma_{HP} = 600 \cdot 1 = 600 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на згин (в МПа) визначаємо за формулою [6]

$$\sigma_{FP} = \sigma_{FP}^0 \cdot K_{FL} \quad (2.48)$$

де $\sigma_{FP}^0 = 195$ МПа – допустиме напруження при розрахунку на витривалість зубців при згині [7, ст. 371]

$K_{FL} = 1$ – коефіцієнт циклічної довговічності [7, ст. 100]

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

$$\sigma_{FP}=195 \cdot 1=195 \text{ МПа}$$

Визначаємо міжосьову відстань передачі (в мм) по формулі [6, ст. 32]

$$a_w=K_a(u+1) \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta} \cdot T_2}{u^2 \cdot \psi_{ba} \cdot \sigma_{HP}^2}} \quad (2.49)$$

де $K_a=49,5$ – для прямозубих передач [6]

$\psi_{ba}=0,31$ – коефіцієнт ширини зубчастих коліс [6]

$K_{H\beta}=1,055$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілення навантаження [7, ст. 369]

T_2 – крутний момент на вихідному валу передачі, Н·мм

$$T_2=T_1 \cdot u \cdot 0,96=14723 \cdot 10^3 \cdot 9 \cdot 0,96=123768 \cdot 10^6 \text{ Н·мм} \quad (2.50)$$

де 0,96 – коефіцієнт корисної дії прямозубої зубчастої передачі

Знайдені величини підставляємо у формулу 2.49 і обчислюємо:

$$a_w=49,5(9+1) \sqrt[3]{\frac{1,055 \cdot 123,768 \cdot 10^6}{9^2 \cdot 0,31 \cdot 600^2}}=1205 \text{ мм}$$

Знаходимо модуль (в мм) передачі за формулою [6]

$$m=0,01 a_w=0,01 \cdot 1205=12,05 \quad (2.50)$$

По таблиці [6] приймаємо модуль $m=12$ мм

Обраховуємо дільний діаметр (в мм) шестерні по формулі [6]

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

$$d_1 = mz_1 = 12 \cdot 18 = 216 \quad (2.51)$$

Обраховуємо діаметр вершин зубців (в мм) шестерні по формулі [6]

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 216 + 2 \cdot 12 = 240 \quad (2.52)$$

Обраховуємо діаметр впадин зубців шестерні (в мм) по формулі [6]

$$d_{j1} = d_1 - 2,5m = 216 - 2,5 \cdot 12 = 186 \quad (2.53)$$

Обраховуємо ділительний діаметр (в мм) зубчастого колеса по формулі [6]

$$d_2 = mz_2 = 12 \cdot 168 = 1944 \quad (2.54)$$

Обраховуємо діаметр вершин зубців (в мм) зубчастого колеса по формулі [6]

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 1944 + 2 \cdot 12 = 1968 \quad (2.55)$$

Обраховуємо діаметр впадин зубців зубчастого колеса (в мм) по формулі [6]

$$d_{j2} = d_2 - 2,5m = 1944 - 2,5 \cdot 12 = 1920 \quad (2.56)$$

Уточнюємо міжосьову відстань (в мм) передачі по формулі [6]

$$a_w = 0,5(d_1 + d_2) = 0,5(216 + 1944) = 1080 \quad (2.57)$$

Уточнюємо ширину зубчастих коліс (в мм) по формулі [6]

$$b = \psi_{ba} a_w = 0,31 \cdot 1080 = 334,8 \quad (2.58)$$

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

Приймаємо $b_1=335$ мм , $b_2=334$ мм

Визначаємо кутову швидкість (в м/с) і назначаємо степінь точності передачі по формулі [6]

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60} = \frac{3,14 \cdot 216 \cdot 10^{-3} \cdot 12}{60} = 0,14 \quad (2.59)$$

Приймаємо 9-ту ступінь точності [6]

Визначаємо сили (в Н), що діють в зачепленні формулах [6]

$$F_t = 2T_1/d_1 = 2 \cdot 14723 \cdot 10^3 / 216 = 236,3 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (2.60)$$

$$F_r = F_t \tan 20^\circ = 136,3 \cdot 10^3 \cdot 0,034 = 49,6 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (2.61)$$

Перевіряємо міцність зубів на контактну витривалість за формулою [6]

$$\sigma_H = Z_H Z_M Z_\varepsilon \sqrt{\frac{K_H F_t (u+1)}{d_1 b_2 u}} \leq \sigma_{HP} \quad (2.62)$$

де $Z_H=1,76$ – коефіцієнт, що враховує спряження поверхні зубів [6]

$Z_M=274 \cdot 10^3 \text{ Па}^{1/2}$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів [6]

Z_ε – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} \quad (2.63)$$

$$\text{де } \varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta \quad (2.64)$$

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

де $\cos\beta = \cos 0^\circ = 1$ – для прямозубих передач

$$\varepsilon_\alpha = 1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{18} + \frac{1}{162} \right) = 1,78$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 2.63 і обчислюємо

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - 1,78}{3}} = 0,85$$

де $K_H = K_{H\beta} \cdot K_{Hv}$ – коефіцієнт навантаження (2.65)

$$K_{Hv} = 1,05 \text{ [6]}$$

$$K_H = 1,055 \cdot 1,05 = 1,12$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 2.62 і обчислюємо

$$\sigma_H = 1,76 \cdot 274 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \sqrt{\frac{1,12 \cdot 136,3 \cdot 10^3 (9+1)}{216 \cdot 334 \cdot 10^{-6} \cdot 9}} = 627,3 \cdot 10^3 \leq \sigma_{HP}$$

Перенапруження при $\sigma_H = 627,3$ МПа складе

$$\frac{\sigma_H - \sigma_{HP}}{\sigma_{HP}} 100\% = \frac{627 - 600}{600} 100\% = 4,5\% \leq 5\%$$

Передача допустима до експлуатації і перерахунку не потребує.

Міцність зубів по напруженню на згин перевіряємо за формулою [6]

$$\sigma_F = \frac{Y_F K_F F_t}{b m} \leq \sigma_{FP} \quad (2.66)$$

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

де $Y_F=4,24$ – коефіцієнт форми зуба [7, ст. 370]

$$K_F=K_{F\beta}K_{Fv} \quad (2.67)$$

де $K_{F\beta}=1,0025$ [6]

$$K_{Fv}=2K_{Hv}-1=2 \cdot 1,05-1=1,1$$

$$K_F=1,0025 \cdot 1,1=1,103$$

Знайдені величини підставляємо у формулу 2.66 і обчислюємо

$$\sigma_F = \frac{4,24 \cdot 1,103 \cdot 136,3 \cdot 10^3}{335 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3}} = 158,2 \leq \sigma_{FP}$$

Передача допустима до експлуатації і перерахунку не потребує.

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

3 РОЗРАХУНОК АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

3.1 Розрахунок товщини стінки апарата

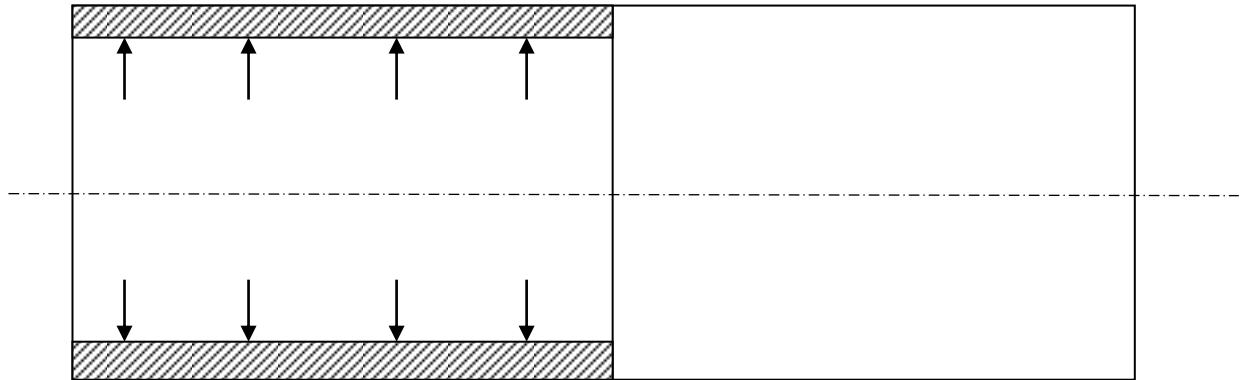


Рис.3.1. Розрахункова схема

Необхідну розрахункову товщину циліндричної стінки визначаємо за формулою:

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \{P_p \cdot D_{BH}/2 [\sigma] - P_p \\ p_B \cdot D_{BH}/2 [\sigma] - p_B \end{array} \right. \quad (3.1)$$

де $P_p = 0,245$ – робочий тиск;

$$p_B = 1,5P_p = 1,5 \cdot 0,245 = 0,3675 \text{ МПа}$$

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,245 \cdot 4.2}{2 \cdot 1 \cdot 140 - 0,245} \\ \frac{0,3675 \cdot 4.2}{2 \cdot 1 \cdot 140 - 0,3675} \end{array} \right\} = \max \{0,00339, 0,00332\} = 0,00339 \text{ м}$$

Допустима товщина стінки циліндричного корпусу

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

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

Тоді:

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

де $c = c_1 + c_2 + c_3$, мм

$c_1 = 1$ мм – добавка на корозію;

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

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

Таким чином,

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

Приймаємо товщину стінки корпусу 10 мм.

Тоді допустимий внутрішній тиск визначаємо за формулою:

$$[P_d] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - c_1)}{D + (S - c_1)} \quad (3.2)$$

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

$$[P_d] = \frac{2 \cdot 140 \cdot 1 \cdot (6 - 1)}{4200 + (10 - 1)} = 0,442 \text{ МПа}$$

$$[P_d] = 0,442 \text{ МПа} > P_B$$

Перевіряємо умови використання формул

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

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

$$0,002 \leq \frac{10 - 1}{4200} = 0,0021 \leq 0,1$$

Умови використання формул виконується.

Товщина конічного днища S_1 мм в зоні переходу знаходиться по формулі

$$S_1 = \frac{P \cdot D_B \cdot y \cdot C}{4 \cdot \varphi \cdot \sigma} \quad (3.5)$$

де $y = 1.1$ - поправочний коефіцієнт, що залежить від форми конічного днища ;

$\varphi = 0.95$ - коефіцієнт міцності кільцевого шва.

$$D_B = \frac{0,245 \cdot 4200 \cdot 1.1}{4 \cdot 0,95 \cdot 142} + 3 = 5,65 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки конічного днища в зоні переходу 6,0 мм, так як і товщину обичайки кристалізатора.

Товщину плоскої круглї кришки апарата визначаємо по формулі :

$$S = k \cdot D_B \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} + C \quad (3.6)$$

де $k = 0.6$ - коефіцієнт, що залежить від конструкції кришки ;

$D_B = 4200$ мм - внутрішній діаметр кристалізатора

$P = 0.1245 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ - тиск в апараті ;

$\sigma = 142 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ нормативно допустиме напруження

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

$$S = 0,6 \cdot 4200 \sqrt{\frac{0,001}{147}} + 3 = 9,57 \text{ мм}$$

Приймається до встановлення кришка плоска товщиною 10 мм.

Товщина круглої плоскої кришки при наявності незакріплених отворів визначається по формулі :

$$S_0 = \frac{S}{k_0} \quad (3.7)$$

де k_0 - коефіцієнт ослаблення днища коефіцієнт ослаблення днища визначається по формулі :

$$k_0 = \sqrt{1 - \frac{\varepsilon d}{D_B}} \quad (3.8)$$

де $\varepsilon d = 2$ - найбільша сума отворів в діаметральному перерізі.

$$k_0 = \sqrt{1 - \frac{2}{4200}} = 0,99$$

Тоді площа плоскої кришки при наявності отворів складе

$$S_0 = \frac{10}{0,99} = 10,01 \text{ мм}$$

Приймаємо до Встановлення - плоска кругла кришка товщиною 12 мм.

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

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

В апаратах найбільшого застосування мають плоскі прокладки, зажаті між двома фланцями.

Повна сила що видавлює прокладку з фланця:

$$P = p \cdot \pi \cdot D_s \cdot \delta = 0,111 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 56,2 \cdot 1 = 2,267 \cdot 10^7 \text{ Па} \quad (3.9)$$

де $\delta = 1 \text{ см}$ – товщина прокладки

Сила тертя:

$$T = f \cdot \sigma_y \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_s^2 - D_n^2) = 0,125 \cdot 60 \cdot 10^4 \cdot \frac{3,14}{4} (65,8^2 - 65,0^2) = 1,004 \cdot 10^8 \text{ Па} \quad (3.10)$$

$\sigma_y = 60 \cdot 10^4 \text{ Па}$ – граничний тиск необхідний для деформації прокладки, $f = 0,125$ – коефіцієнт тертя при грубій обробці

Прокладка не видавиться зі з'єднання, якщо сила тертя буде більше ніж сила, що видавлює прокладку з фланця. $T > P$

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{G}{\rho w}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,027}{0,9}} = 0,195 \approx 0,2 \text{ м}$$

$$1,004 \cdot 10^8 < 2,267 \cdot 10^7$$

3.3 Розрахунок і вибір опори

Визначаємо масу кристалізатора (в кг), по формулі.

$$G_{\text{в.а}} = (G_1 + G_2 + G_{\text{г.к.}}) \cdot 1,25 \quad (3.11)$$

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

Визначаємо масу днища (в кг), по формулі

$$G_1 = \pi \cdot a \cdot (R - r) \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.12)$$

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

$\sigma = 0.01 \text{ м}$ – товщина стінки фігури.

$R = 4.2 \text{ м}$ більший радіус фігури.

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

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

$$G_1 = 3.14 \cdot (1.35 / \cos 20^\circ) \cdot (4.2 - 0.15) \cdot 0.01 \cdot 7700 = 1407 \text{ кг}$$

Визначаємо масу корпусу в кг, по формулі

$$G_2 = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.13)$$

де $D = 4,2 \text{ м}$ діаметр циліндричної частини ;

$h = 9,4 \text{ м}$ – висота корпусу;

$\sigma = 0.01 \text{ м}$

$$G_2 = \pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma \cdot \rho = 3,14 \cdot 4.2 \cdot 9.4 \cdot 0,01 \cdot 7700 = 9545,8 \text{ кг}$$

Визначаємо масу кришки по формулі.

$$G_3 = \pi \cdot R^2 \cdot \sigma \cdot \rho \quad (3.14)$$

де $D = 4.2 \text{ м}$; $\sigma = 0.01 \text{ м}$.

$$G_3 = 3.14 \cdot 2.1^2 \cdot 0.01 \cdot 7700 = 1066 \text{ кг}$$

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

При гідравлічному випробуванні вага використаної води складає

$$G_B = V_0 * \rho_B = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \rho_B = \frac{3,14 \cdot 4,2^2}{4} \cdot 9,4 \cdot 1000 = 96561 \text{ кг} \quad (3.14)$$

Загальна маса апарата при гідравлічному випробуванні апарата:

$$G_3 = (1407 + 9545.6 + 1066 + 96561) \cdot 1,25 = 1330101,35 \text{ Н} \quad (3.15)$$

Розраховуємо опорні лапи для кристалізатора по формулі.

$$\sigma = (1.118 \cdot S_0) / (\varphi \cdot [\sigma] \cdot a) \quad (3.16)$$

де $S_0 = 7112 \text{ Н}$ – навантаження на одну лапу [7].

$[\sigma] = 78.4 \cdot 10^3 \text{ Па}$ – допустиме напруження на стиснення [7].

$a = 0.4 \text{ м}$ – виліт лап.

$\varphi = 1.05$ – коефіцієнт на затягування [7].

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

Приймаємо до встановлення опорні лапи з такими геометричними розмірами:

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

Необхідну товщину ребра визначаємо за формулою

$$\delta = \frac{2,24G}{k \cdot n \cdot Z \cdot l \cdot \sigma_{с.д.}} + C_K + C_{одр} \quad (3.17)$$

де G – максимальна загальна вага апарата; $G = 1330101,3 \text{ Н}$

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

$n = 24$ – 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;

$$\delta = \frac{2,24 \cdot 1,33}{0,6 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 100} + 0,001 + C_{\text{одр}} = 0,01134 + C_{\text{одр}} = 0,012 \text{ м} \quad (3.18)$$

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

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

Міцність зварного шва перевіримо за формулою:

$$\frac{G}{n} \leq 0,7 L_{\text{шв}} \cdot h_{\text{шв}} \cdot \delta_{\text{шв.}}$$

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

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

Таким чином міцність забезпечена.

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

4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

4.1 Монтаж розробленого апарата

Майданчик, де встановлюється кристалізатор, повинен забезпечувати безпеку монтажу та обслуговування. Кристалізатор площею поверхні теплообміну 406 м² на заводі-виготовлювачі збирається укрупненими блоками (корпус, система охолоджуючих трубок, кришка), які проходять контрольну зборку.

Роботи по дозбиранню на збиральному майданчику або на місці монтажу проводяться згідно “Правилам устроювання и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением”, по технології заводу-виробника та під технічним наглядом представника технічного відділу контролю заводу-виробника.

В якості монтажних вісей приймається лінія, що проходить через центр трубної решітки та фронт апарату, та лінія перпендикулярна їй, що проходить через центр апарату. Перед тим, як приступити до монтажу кристалізатора, необхідно перевірити комплектність поставки, перевірити на пошкодження, забезпечити відповідні умови для дотримання техніки безпеки.

При перевезенні кристалізатора в розібраному вигляді необхідно установити першу основну царгу на попередньо підготовлений фундамент у відповідності з раніше позначеними вісями, перевірити положення по вертикалі, виправити відхилення за допомогою прокладок, закласти фундаментні болти і залити їх бетоном. Коли бетон зв'яжеться (через три дні) можна підкрутити ці болти, а потім (через десять днів) затягнути їх максимально.

Потім вставляємо в нижні підшипник нижній сегмент вала або ж комплект сегментів з нижньою цапфою і підтягуємо його так, щоб верхній фланець був по можливості на рівні верхнього фланця царги, відповідній цьому сегменту вала.

Далі необхідно до нижнього фланця дна кристалізатора змонтувати систему підпор вала до моменту закінчення повного монтажу. На цьому фрагменті вала

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

змонтувати відповідно виконаним позначенням відповідні лопаті, які необхідно оснастити розпірними болтами і при їх допомозі заблокувати вал по вертикалі.

Наступну царгу або комплект царг укладаємо на фланець попередньої царги і закладаємо болтами, які дають виконати можливість подальший монтаж. Після перевірки вертикальності установки царги на фланцях необхідно приварити їх з двох сторін, а потім змонтувати відповідний цьому фрагменту кристалізатора сегмент вала і лопатей, які необхідно оснастити розпірними болтами, щоб заблокувати вал у вертикальному положенні.

Після монтажу останньої верхньої царги фрагмент вала не монтується, так як він повинен бути змонтований разом з підшипником кришки кристалізатора. Перед укладанням кришки, попередньо повністю зібраної (всі вузли приварені), необхідно вкласти відповідні лопаті, які потрібно прикрутити до останнього фрагменту вала. Після того як кришка буде прилаштована і повністю зібраний вал, розпірні болти не закладаються.

Після закладання кришки кристалізатора разом з підшипником і останнім фрагментом вала, необхідно перевірити наявність щілини між фланцями вала, що опирається і того, накладається, рівної 4 мм., так щоб болти, що з'єднують фланці, підняли вал, що опирається і звільнили підпори.

Потім необхідно з'єднати останні фланці вала, повністю ліквідуючи зазор, підтягуючи болти вала, що підпирається.

Після з'єднання вала і закручування болтів верхньої кришки, що кріплять її до царги, необхідно демонтувати розпірні болти зі всіх мішалок, змастити нижній підшипник, а також демонтувати підпираючі систему.

Далі необхідно перевірити наявність зазору між елементами мішалки і поверхнями обігрівуючих елементів над і під ними, достатній, щоб уникнути зачеплення мішалок при їх обертанні разом з валом. Після цього монтують привід.

По закінченню монтажу кристалізатор випробовують і здають в експлуатацію. Кристалізатор або батарея кристалізаторів повинні працювати відповідно технологічній схемі, виконаної для данного об'єкту. Перед

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

наповненням кристалізатора потрібно ввімкнути привід і по мірі припливу утфелю швидкість обертання вала має поступово збільшуватись. Але й не допускається поревантаження приводу. Причиною цього може бути збільшення в'язкості утфелю по мірі його охолодження. В крайньому випадку, коли додавання води не дає належного ефекту, необхідно аварійно переключити кристалізатор на обігрів, щоб знизити в'язкість. Після заповнення всіх кристалізаторів утфелем управління станції слід перевести на автоматичне.

По закінченню сезону цукроваріння необхідно виконати ремонт кристалізатора і консервацію його на період до наступного сезону.

Безпосередньо після закінчення сезону відразу ж після спорожнення кристалізатора, необхідно промити внутрішню його частину гарячою водою. Потім пропарити її при знятих замках верхнього люку на верхній площадці кристалізатора. Сам люк для зменшення виходу пари можна прикрити джутовими мішками. Пропарювання потрібно проводити біля чотирьох годин.

До миття внутрішньої частини кристалізатора можна приступати після того, як будуть відкриті всі люки і зі змієвиків теплообміну буде спущена вода, буде вимкнений привід мішалки і перекритий доступ інших робочих тіл.

Після того, як кристалізатор буде вимитий, його необхідно висушити при відкритих люках. Для цього можна в отвір нижнього люка нагнати тепле повітря. Після такої підготовки кристалізатора можна приступати до огляду його вузлів.

Всередині апарата необхідно оглянути змієвики і лопаті, їх кріплення і перевірити на механічні пошкодження. У випадку знаходження пошкоджень їх потрібно негайно ліквідувати, а лопнувші шви необхідно вирізати і виконати ще раз.

Потім потрібно зняти втулку підшипника ковзання (нижнього) попередньо придавши валові жорсткості при допомозі чотирьох розпирних болтів. Якщо втулка хоча б частково зношена, її необхідно замінити на нову. Після закладання нижнього підшипника слід зняти розпирні болти з нижніх лопатей і наповнити підшипник мастилом так, щоб воно видавилось із втулки вверх і вниз.

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

По вісям приварюються опорні лапи до на висоті, визначеній проектом установки апарата.

Після приварки опорних лап виставляється на підготовленій площі кришка. При цьому повинна бути витримана однакова мінімальна відстань корпуса апарата від усіх опорних балок. За допомогою рівня та віджимних болтів кришка виставляється вертикально. На парову камеру встановлюють збірник води. Після зварювання проводять контроль зварних швів.

Установлюють труби і приварюють, якість перевіряють зовнішнім оглядом.

Після зовнішнього огляду проводять гідравлічне випробування з'єднань. Тиск при випробуванні підіймають до 0,64 МПа і витримують його 10 хв. Якщо виявлено протікання – труби заварюють.

Потім на апарат монтують контрольно-вимірювальні прилади та арматуру.

Апарат підлягає технічному освідченню, після чого на апарат наносять термоізоляцію.

4.2 Ремонт апарата

Ремонт починають після огляду і виявлення сильно зношених поверхонь. Відновлення виконується наварюванням листів металу.

Після ручного доочищення поверхні охолодження перевіряють стан трубок та необхідність їх заміни. Ремонтують пази, зорові скельця з заміною прокладок та прогонкою різьбових з'єднань. Проводиться гідропроба апарата.

Безпосередньо після закінчення сезону відразу ж після спорожнення кристалізатора, необхідно промити внутрішню його частину гарячою водою. Потім пропарити її при знятих замках верхнього люку на верхній площадці кристалізатора. Сам люк для зменшення виходу пари можна прикрити джутовими мішками. Пропарювання потрібно проводити біля чотирьох годин.

До миття внутрішньої частини кристалізатора можна приступати після того, як будуть відкриті всі люки і зі змієвиків теплообміну буде спущена вода, буде вимкнений привід мішалки і перекритий доступ інших робочих тіл.

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

Після того, як кристалізатор буде вимитий, його необхідно висушити при відкритих люках. Для цього можна в отвір нижнього люка нагнати тепле повітря. Після такої підготовки кристалізатора можна приступати до огляду його вузлів.

Всередині апарата необхідно оглянути змієвики і лопаті, їх кріплення і перевірити на механічні пошкодження. У випадку знаходження пошкоджень їх потрібно негайно ліквідувати, а лопнувші шви необхідно вирізати і виконати ще раз.

Потім потрібно зняти втулку підшипника ковзання (нижнього) попередньо придавши валові жорсткості при допомозі чотирьох розпирних болтів. Якщо втулка хоча б частково зношена, її необхідно замінити на нову. Після закладання нижнього підшипника слід зняти розпирні болти з нижніх лопатей і наповнити підшипник мастилом так, щоб воно видавилось із втулки вгору і вниз.

Перед пуском в експлуатацію вертикального кристалізатора необхідно впевнитись чи перебуває кристалізатор в робочому стані. Всі комунікації повинні бути підєднані, гідравлічний агрегат повинен бути заповнений маслом. В герметичності зєднання царг, колін впевнюються проганяючи по системі.

Необхідно слідкувати за якістю утфеля, що подається в апарат в разі підвищення надмірної вязкості, уфельна маса повинна розріджуватись водою. По мірі руху утфеля зверху апарата до нижньої його частини, уфель охолоджується за допомогою трубчастого теплообмінника, тому необхідно слідкувати за температурою води в ньому. Поступово вязкість суміші буде підвищуватися, що викликає надмірні навантаження на мішалки. Для підвищення надійності кристалізатора в його конструкції передбачені змієвикові теплообмінники, по яким подається теплоносій. Таким чином кристалізаційна маса стає більш вязкою. При доведенні кристалізатора до робочої потужності, переходять на автоматичний режим, тому керування процесом значно спрощене.

Кваліфікаційною роботою передбачається розроблення апарата вертикального типу, в якому обертання трубовала з дисками здійснюється від електродвигуна через редуктор і черв'ячну пару. На поперечній стінці корпусу розміщені два

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

шибери. Робочий шибер вмикається від виконуючого механізму, нижній шибер з ручним приводом слугує для кінцевого спуску утфелю. Перед пуском в експлуатацію вертикального кристалізатора необхідно впевнитись, чи перебуває кристалізатор в робочому стані. Всі комунікації повинні бути під'єднані, гідравлічний агрегат повинен бути заповнений маслом. В герметичності з'єднання царг, колін впевнюються проганяючи по системі. Перед заповнення апарату утфелем, вмикається система перемішування. Кристалізатор або батарея кристалізаторів повинні працювати відповідно технологічній схемі, виконаної для данного об'єкту.

Перед наповненням кристалізатора потрібно ввімкнути привід і по мірі припливу утфелю швидкість обертання вала має поступово збільшуватись, але і не допускається поревантаження приводу. Причиною цього може бути збільшення в'язкості утфелю по мірі його охолодження. В крайньому випадку, коли додавання води не дає належного ефекту, необхідно аварійно переключити кристалізатор на обігрів, щоб знизити в'язкість.

Після заповнення всіх кристалізаторів утфелем управління станції слід перевести на автоматичне.

Експлуатація кристалізаторів утфелю заключається у підтримці рівня утфелю, який має бути на 150-200 мм нижчим верхнього положення перемішувачих елементів, в регулюванні інтенсивності падіння температури утфелю зміною кількості охолоджуючої води, вмісту кристалічного цукру в утфелі і коефіцієнтів перенасичення між кристального відтоку, в регулюванні підігріву утфелю перед фугуванням.

Кристалізацію необхідно проводити так, щоб росли уже існуючі кристали, а нові не з'являлися, тобто щоб не утворювалася кристалічна «мука», яка затрудняє фугування. Для цього кристалізація проводиться при коефіцієнтах перенасичення 1,20-1,25. Якщо в процесі кристалізації коефіцієнт перенасичення значно підвищується, то необхідно затримати процес охолодження, зменшивши кількість охолоджуючої води.

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

Так як із зниженням температури утфелю в'язкість його різко збільшується, то для зниження в'язкості утфель необхідно розкачати водою температурою, рівною температурі утфелю. Вся кількість води для розкачування утфелю, як правило, вводять у відсік, відділений зануреною в утфель перегородкою в кінці другого або початку третього кристалізатора, в місці, де температура утфелю складе 60-65 °С.

У всіх випадках припинення обертання мішальних елементів (зупинка двигуна, поломка зубів шестерень тощо) необхідно припинити подачу охолоджуючої води в кристалізатори. У випадку сильного згущення утфелю він може бути розігрітий подачею в поверхню теплообміну гарячої води.

Щорічно проводиться внутрішній огляд апарата заводською комісією під керівництвом головного інженера заводу з участю головного механіка та начальника цеха. При огляді перевіряють внутрішні поверхні з метою виявлення дефектів, особливо в зонах підводу води та утфелю.

Один раз за 8 років проводять внутрішній огляд кристалізаційного апарата та гідровипробування пробним тиском в присутності інспектора Держтехнагляду.

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

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до Типового положення служба охорони праці створюється на підприємствах, у виробничих і науково-виробничих об'єднаннях, корпоративних, колективних та інших організаціях виробничої сфери з числом працюючих 50 і більше чоловік.

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо керівникові підприємства. За своїм посадовим становищем керівник служби охорони праці прирівнюється до керівників основних виробничо-технічних служб підприємства.

Працівники служби охорони праці мають право видавати керівникам установ, підприємств, організацій та їх структурних підрозділів обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків. Припис спеціаліста з охорони праці, у тому числі про зупинення робіт, може скасувати в письмовій формі лише посадова особа, якій підпорядкована служба охорони праці.

Служба охорони праці вирішує завдання:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів праці;
- вибору оптимальних режимів праці й відпочинку працівників;
- професійного відбору виконавців для визначених видів робіт.

Служба охорони праці виконує такі основні функції:

- опрацьовує ефективну цілісну систему управління охороною праці;
- проводить оперативно-методичне керівництво роботою з охорони праці;
- складає разом зі структурними підрозділами підприємства комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та

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

виробничого середовища, а також розділ «Охорона праці» у колективному договорі;

- проводить для працівників вступний інструктаж з питань охорони праці;

- готує проекти наказів та розпоряджень з питань охорони праці, загальних для всього підприємства;

- розглядає факти наявності виробничих ситуацій, небезпечних для життя чи здоров'я працівників або людей, які їх оточують, і навколишнього природного середовища, у випадку відмови з цих причин працівників від виконання дорученої їм роботи;

СУОП є складовою загальної системи управління виробництвом (якістю продукції, що виробляється) і спрямована не тільки на створення оптимальних умов праці, але й на використання резервів виробництва, підвищення продуктивності праці та значне покращення якості прПри виконанні монтажу, при експлуатації і проведенні ремонтів кристалізатора необхідно дотримуватись правил техніки безпеки та охорони праці.

Підвіски, гаки, тримачі та інші елементи підйомних кранів повинні мати актуальні атестати, а їх технічний стан повинен бути без попереджень.

Монтаж кристалізатора повинен бути виконаний спеціальним монтажним підприємством під постійним наглядом представника Технічного Контролю.

При складанні царг необхідно застосовувати пересувні трапи і помости, а робочі повинні мати каски, рукавиці і захисні пояси, а також справне і безпечне технічне обладнання.

При проведенні робіт всередині кристалізатора можна в якості помостів використовувати поверхні теплообмінників, виклавши їх дошками товщиною 24 мм і довжиною не менше

(Д-д)/2 ,

де Д – внутрішній діаметр кристалізатора;

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

д – зовнішній діаметр вала кристалізатора.

Навантаження на помост виконаний на поверхні теплообміну кристалізатора не повинна перевищувати 300 кг разом з людьми.

Під час проведення монтажу самого кристалізатора повинні бути відкриті всі люки, двері і кришки, так, щоб кристалізатор постійно був під вентиляцією.

Під час проведення монтажу і пізніше експлуатації не можна тримати в приміщенні під кристалізатором горючих матеріалів в тому числі газових балонів для зварювання, генераторів ацетилену і карбіду, одягу і т. п. предметів, що представляють небезпеку для працюючих всередині кристалізатора монтерів. Не можна забувати, що кристалізатор у випадку можливою пожежі, представляє із себе димову трубу, яка буде допомагати процесу горіння, а люди, що знаходяться всередині нього мають невеликі шанси на спасіння ще й із-зі поверхнею теплообміну, які представляють додаткову перешкоду при евакуації.

Не можна допускати розливу мастила, керосину і тому подібних матеріалів всередині кристалізатора.

Всі роботи всередині кристалізатора повинні проводитися із зовнішньою страховкою, і всередині кристалізатора не дозволяється працювати поодиноці. При виконанні зварювальних робіт всередині кристалізатора з газовим зварювальним апаратом, необхідно виділити додаткового робітника, який буде чергувати ззовні біля запірних клапанів, щоб у випадку необхідності негайно зупинити поступання газу.

Під час експлуатації кристалізатора не дозволяється заходити в його внутрішній простір не заповнене утфелем, навіть, якщо привод перемішувального пристрою вимкнений.

Під час проведення сезону цукроваріння, якщо з'явиться необхідність увійти всередину кристалізатора, необхідно:

- випустити утфель з кристалізатора;
- перекрити доступ всім робочим тілам до кристалізатора, а за клапанами вкласти заглушки із металу;
- відкрити всі люки для вентиляції внутрішнього простору;

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- промити теплою водою внутрішній простір кристалізатора, поливаючи їх із верхнього люку;
- перевірити в нижньому люку, чи гасне запалений сірник (якщо гасне, то необхідно застосувати штучну вентиляцію);
- охолодити внутрішній простір кристалізатора до 20 °С;
- вимкнути живлення приводу мішалки.

Після виконання цих вимог можна увійти в кристалізатор прив'язаним і з повною страховкою ззовні, під контролем технічного нагляду цукрового заводу і після повідомлення дирекції заводу.

Ремонт кристалізатора після закінчення сезону необхідно виконувати попередньо вимивши внутрішню його частину і при дотриманні відповідних умов техніки безпеки, що були описані вище.

Над кристалізатором чи батареєю кристалізаторів повинен бути постійно змонтований підйомний кран.

Вантажопідйомність підйомного крану повинна бути мінімум 5000 кг з можливістю підйому на висоту 3 м.

Це дасть можливість проведення ремонтів безпечно і швидко. 3.5..
Визначення товщини теплової ізоляції

Теплова ізоляція — один із основних факторів, які зменшують втрати теплоти і зберігають паливо.

Товщина ізоляції повинна бути такою, щоб температура на її поверхні була не більшою за 20°С.

$$\delta = \frac{\lambda(t_a - t_i)}{\alpha(t_i - t_n)} = \frac{0,058 \cdot (80 - 40)}{11,16 \cdot (40 - 20)} = 0,01\text{м}$$

Товщина ізоляції

де $\lambda = 0,034 + 0,0003 \cdot t_a = 0,058$ Вт/м • К — теплопровідність ізоляційного матеріалу,

$t_a = 80, t_i = 40, t_n = 20$ — температура відповідно в апараті, на поверхні ізоляції та повітря, що оточує апарат, °С;

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

α — сумарний коефіцієнт тепловіддачі від стінки до повітря, Вт/м² • К),

$$\alpha = 9,76 + 0,07(t_i - t_n) = 9,76 + 0,07(40 - 20) = 11,16$$

Для апаратів, що працюють у закритих приміщеннях, береться в інтервалі 35...45 °С, а на відкритому повітрі в зимовий час — в інтервалі 0...10 °С.

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра запроектована кристалізаційна установка у виробництві цукру-піску , розроблений вертикальний кристалізатор утфелю третього продукту

Наведені теоретичні основи и особливості процесу кристалізації утфелю III продукту, обґрунтований вибір технологічної схеми виробництва , приведений опис розробленого апарата і вибір необхідних конструкційних матеріалів .

Складений матеріальний і тепловий баланс процесу , проведені технологічні розрахунки , визначені конструктивні розміри апарата.

Визначений гідравлічний опір апарата , проведено вибір допоміжного обладнання.

Проведені розрахунки на міцність, жорсткість и герметичність, які підтверджують доцільність прийнятих технічних і конструктивних рішень.

В роботі приведені методи ремонту і монтажу обладнання , визначені основні виробничі небезпеки і шкідливі фактори.

					ПОХНВ.К.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Марценюк О.О.,Мельник Л.М. Процеси і апарати харчових виробництв.- К.,НУХТ,2011.- 407 с.
3. Малежик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв.Курсове проктування-К.,НУХТ,2012.- 543 с.
4. Ведомственные нормы технологического проектирования свеклосахарных заводов. – М.: Минпищепром СССР, 1985. – 201с.
5. Гребенюк С. М. Технологическое оборудование сахарных заводов - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983 – 520 с.;
6. Чернавський С.А., Боков К.Н., Чернин И.М. и др. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие. – 3-е изд., стереотипное. Перепечатка с издания 1987 г. – М.: 000 ТИД «Альянс», 2005. – 416 с.
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.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74