

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

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

Тема роботи: Відділення випарювання дифузійного соку у виробництві цукру. Розробити кожухотрубний підігрівач сиропу

Виконав:
студент групи ХМдн – 84чк
Курило Андрій Юрійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:
ст. викладач

з оцінкою _____

Корнієнко Віктор Миколайович

" ____ " _____ 20__ р.

підпис, дата

Підпис голови

(заступника голови) комісії

СУМИ 2022

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

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних вироб-
ництв"

Курс 4 Група ХМдн – 84чк Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Курилу Андрію Юрійовичу

1 Тема роботи: Відділення випарювання дифузійного соку у вироб-
ництві цукру. Розробити кожухотрубний підігрівач сиропу.

2 Вихідні дані: Розробити кожухотрубний підігрівач сиропу. Продуктивність підприєм-
ства 10000 тонн переробленого буряка на добу. Початкова температура 100°C, кінцева -
110°C. Температура грюючої пари 120°C.

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

- | | |
|-------------------------------------|------------|
| 1. Технологічна схема відділення | – 1,0 арк. |
| 2. Складальне креслення підігрівача | – 1,0 арк. |
| 3. Креслення складальних одиниць | – 2,0 арк. |

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

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

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

6 Дата видачі завдання

жовтень 2021 р.

Керівник

ст. викл. Корнієнко В.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис технологічної схеми випарної установки	7
1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації	9
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА	19
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу	19
2.2 Технологічні розрахунки	22
2.3 Конструктивні розрахунки	24
2.4 Гідравлічний опір апарата	26
2.5 Вибір допоміжного обладнання	28
3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ	31
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки	31
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання	35
3.3 Розрахунок опори апарата	45
4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА	48
4.1 Монтаж розробленого апарата	48
4.2 Ремонт апарата	49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	64
ДОДАТКИ	

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>			
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Курило</i>				Відділення випарювання дифузійного соку у вироб- ництві цукру. Розробити кожухотрубний підігрівач сиропу	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Корнієнко</i>						4	64
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, ХМдн-84чк</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Склабінський</i>							

логії, підвищення ефективності використання ресурсів та зниження енерго- та матеріаломісткості виробництва, підвищення рівня автоматизації. Впровадження у виробництво нового покоління високоефективної техніки та збільшення випуску, впровадження у виробництво комп'ютерної та обчислювальної техніки, впровадження комплексних систем керування якістю продукції. Необхідно розвивати на основі ефективних науково-технічних досягнень типізацію технології, поглиблювати уніфікацію машин, вузлів та деталей, зміцнювати зв'язок науки та виробництва, підвищувати рівень розвитку галузей науки.

Підвищення продуктивності як обладнання, що практикується, так і продуктивності праці вимагає створення нових конструкцій машин, апаратів і приладів, зміна технології виробництва, автоматизації, впровадження гнучких технологій.

У цукровій промисловості теплообмін займає важливе місце , при цьому використовують різні конструкції теплообмінних апаратів, в тому числі і кожухотрубні теплообмінники , які часто обігріваються вторинними парами випарної установки , при цьому зменшуються витрати гріючої пари .

Темою бакалаврської кваліфікаційної роботи передбачено розроблення кожухотрубного багатоходового теплообмінника для нагрівання цукрового сиропу перед його фільтруванням.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА [1]

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Опис технологічної схеми випарної станції [1]

Випарні станції цукро заводів призначені для згущення очищеного соку II сатурації до концентрації густого сиропу; при цьому вміст сухих речовин в продукті збільшується з 14-16 % до 65-75% і випарюється з нього 90-100% води до маси буряка.

Якби випарювання відбувалося в одному апараті, то на 1 кг випареної води потрібно було б затратити 1 кг гріючого пара, тобто для згущення соку витрата пари складала б не менше 90-100% до маси буряку. В дійсності на цукрових заводах витрата пара на випарювання води із соку складає тільки 40-50% до маси буряку. Така велика економія досягається за рахунок випарювання із багатократним використанням тепла.

Сік поступає в I корпус і послідовно переходить в слідуєчі корпуса; із останнього корпуса видаляється згущений сироп. Ретурний пар подається тільки в I корпус випарної станції. II корпус обігрівается соковим паром I корпуса, III соковим паром II корпуса і т.д. Для багатократного використання тепла у випарній станції температура кипіння соку повинна знизатися з I корпуса до останнього, що забезпечується різницею тиску в над соковому просторі апаратів

Сік збирається у збірнику (поз. 5) звідки насосом (поз. 9.1) подається через три групи підігрівачів. Нагрівання в першому підігрівачі (поз. 10.1) проводиться до температури 65°C, в другому підігрівачі (поз. 10.2) – до температури 80°C, в третьому підігрівачі (поз. 10.3) – до температури 90°C. Після цього підігрітий сік нагнітається в корпус (поз. 1.1) випарної станції. Підігрів цього корпусу проводиться технологічним паром (це суміш відпрацьованого пара турбін і редуційного пара), який надходить з колектору з температурою 120-132°C.

Підігрів соку в підігрівачах першої і другої групи проводиться вторинним паром відповідно першого і другого корпусів випарної станції, обігрів третього підігрівача здійснюється технологічним паром. Сік із першого корпусу перетікає в

					XI.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

погіршує якість білого цукру. Каламутність цукру високої якості не повинна перевищувати 5—15 ICUMSA. Вміст нерозчинних домішок в такому цукрі від 2 до 10 мг/кг. В білому цукрі низької якості вміст нерозчинних домішок може сягати 250–270 мг/кг, каламутність цукру — 160 ICUMSA і вище. Разом з тим багато споживачів регламентують значення каламутності цукру, що відображено у відомчій нормативно-технічній документації. Так, фірмивиробники «Кока-Кола», «Пепсі-Кола» висувають наступні вимоги до цукру, що використовується для виготовлення напоїв тривалого зберігання: каламутність для бурякового цукру менше 20 ICUMSA, для рафінованого цукру менше 45 ICUMSA [7]. Каламутність сиропу на заводах Європи становить 6–10 ICUMSA, при цьому вміст нерозчинних домішок в сиропі складає 4–40 мг/л. Вважається, що 2 сироп доброї якості («іскристий») повинен містити завислих домішок не більше 30 мг/л. З такого сиропу можна одержати цукор високої якості. Нерідко каламутність сиропу на вітчизняних цукрових заводах може бути 400–450 ICUMSA. Переважна більшість фільтраційного обладнання вітчизняних цукрових заводів не забезпечує достатнього видалення каламутності густих продуктів цукрового виробництва. Застосування допоміжних фільтрувальних матеріалів (кізельгур, фільтроперліт) корисне і дозволяє суттєво підвищити якість фільтрування, але якщо фільтрувальний порошок потрапляє у фільтрат, це призводить до збільшення каламутності і зольності. Для підвищення якості фільтрату та одержання більш стійкого намитого шару фільтруючого порошку іноді додають целюлозу у кількості приблизно 5 г на 1 м² поверхні фільтрування. Однією з причин підвищеної каламутності сиропу є надмінна каламутність соків I і II сатурації через утворення дрібнодисперсного осаду CaCO₃, який при наявності в соках значної кількості пектинових речовин, декстрану. Вміст CaCO₃ в соку I сатурації на заводах України коливається в межах 200...2000 мг/л. Бажано, щоб вміст CaCO₃ не перевищував 500 мг/л. У соку II сатурації вміст CaCO₃ не повинен перевищувати 100 мг/л. На каламутність напівпродуктів цукрового виробництва значно впливає підвищений вміст солей

						Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ХІ.Т.00.00.00 ПЗ

Верхня і нижня кришки підігрівача ущільнюються гумовими прокладками трапецеїдального перетину.

На верхній кришці передбачений повітряний кран 6, а у верхній частині її перегородок - отвори для переходу повітря з секції в секцію при наповненні підігрівача соком і спуску його. Спуск соку перед відкриванням кришок проводиться через крани 13, розташовані на нижній кришці підігрівача (по одному для кожної секції). З кранів сік витікає в загальну воронку 14.

Підігрівач встановлюється у вертикальному положенні на трьох лапах, приварених, до корпусу.

Несконденсовані гази відводяться через патрубок із під верхньої трубної решітки. Конденсат відводиться через конденсатний патрубок, розташований на рівні нижньої трубної решітки. Патрубок укомплектований зворотним клапаном 11. Підігрівач комплектується приладами автоматичного регулювання температури підігріву соку.

Правила експлуатації кожухотрубного теплообмінника

Пуск підігрівача проводиться в такому порядку:

- відкривають обхідний вентиль для введення соку в сокову камеру;
- відкривають кран на верхній кришці для виходу повітря коли з крана з'явиться сік його закривають;
- включають прилади автоматичного регулювання температури соку;
- відкривають доступ гріючого пару в парову камеру;
- відкривають вентилі на трубопроводах відведення не сконденсованих газів і конденсату.

В період роботи підігрівача температура соку в ньому регулюється автоматично. Обслуговування його під час роботи полягає в спостереженні за нормальним відведенням конденсату, і не сконденсованих газів. Вентиль на трубопроводі для не сконденсованих газів повинен бути відкритий настільки, щоб температура відвідної труби була близько 323 К (+50° С). Підвищення цієї температури пока-

					XI. T. 00. 00. 00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

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

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

Така сталь характеризується високою корозійною стійкістю. Відноситься до легованих сталей аустенитного класу. Рекомендується використовувати в температурному діапазоні від 256 °С і до 525 °С, для корпусних елементів до 600 °С, для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання. Характеризується задовільними ливарними властивостями.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т

Хімічний елемент	%
Кремній (Si), не більше	0.8
Марганець (Mn), не більше	2.0
Мідь (Cu), не більше	0.30
Нікель (Ni)	9.0-11.0
Сіра (S), не більше	0.020
Титан (Ti)	0.6-0.8
Углерод (C), не більше	0.12
Фосфор (P), не більше	0.035
Хром (Cr)	17.0-19.0

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу[3]

Виходячи з потужності цукрового заводу $A=10000$ тонн буряка на добу та кількості сиропу:

$$G_1 = \frac{A \times a \times 1000}{100 \times 24 \times 3600} = \frac{10000 \times 40,7 \times 1000}{100 \times 24 \times 3600} = 47 \text{ кг} / \text{с} \quad (2.1)$$

Приймаємо до встановлення два паралельно працюючих підігрівача, тоді продуктивність по сиропу кожного складе

$$G = \frac{G_1}{2} = \frac{47}{2} = 23,5 \text{ кг} / \text{с} \quad (2.2)$$

Розрахунок і підбір п'ятикорпусної випарної станції:

Кількість сиропу що поступає на уварювання:

$$a_{\text{сир}} = a_{\text{сок}} - a_{\text{сок}} \left(1 - \frac{CB_{\text{сок}}}{CB_{\text{сир}}}\right) + a_{\text{кл}} - a_{\text{кл}} \left(1 - \frac{CB_{\text{кл}}'}{CB_{\text{кл}}''}\right), \quad (2.3)$$

Де $a_{\text{сок}}$ - кількість соку, який надходить на випарну станцію, в % до маси буряку

$a_{\text{кл}}$ - кількість клеровки, яка надходить на сульфитацію і потім на V корпус, в % до маси буряку

$CB_{\text{сок}}$ - концентрація соку, який поступає на випарну станцію

$CB_{\text{кл}}'$; $CB_{\text{кл}}''$ - відповідно початкова і кінцева концентрації клеровки

Нормативи $CB_{\text{кл}}' = 65\%$, $CB_{\text{кл}}'' = 70\%$

$$a_{\text{сир}} = 126,1 - 126,1 \left(1 - \frac{15}{65}\right) + 17,2 - 17,2 \left(1 - \frac{65}{70}\right) = 40,7 \text{ кг} / \text{с}$$

										Лист
										19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Розрахунок температури соку, який надходить на підігрівач перед очищенням:

$$t = \frac{a_1 t_1 + a_2 t_2}{a_1 + a_2}, \quad (2.4)$$

Де a_1 - кількість дифузійного соку після підігрівача «ШШ-ПНА» і підігрівача, % до маси буряку

a_2 - кількість сгущеної суспензії соку I сатурації, яка повертається в преддефекатор, % до маси буряку

t_1 - температура дифузійного соку після підігрівача, в град.

t_2 - температура суспензії яка повертається, град.

Нормативи $a_2 = 20, t_1 = 42, t_2 = 85$

$$t = \frac{120 \times 42 + 20 \times 85}{120 + 20} = 48$$

Кількість води яка випарюється із соку на випарній станції, % до маси буряку

$$a_{сур} = a_{сок} \left(1 - \frac{CB_{сок}}{CB_{сур}}\right) + a_{кл} \left(1 - \frac{CB_{кл}'}{CB_{кл}''}\right), \quad (2.5)$$

Де $a_{сок}$ - кількість соку, який надходить на випарну станцію, в % до маси буряку

$a_{кл}$ - кількість клеровки, яка надходить на сульфитацію і потім на V корпус, в % до маси буряку

$CB_{сок}$ - концентрація соку, який поступає на випарну станцію

$CB_{кл}' ; CB_{кл}''$ - відповідно початкова і кінцева концентрації клеровки

					XI.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсний коефіцієнт теплопередачі з урахуванням накипоутворення визначається по формулі

$$k = yk_T = 0,75 \times 1776 = 1332 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}} \quad (2.8)$$

де $y = 0,75$ – коефіцієнт використання площі поверхні теплообміну при накипоутворенні

Площа поверхні теплообміну (в м^2) підігрівача визначається по формулі

$$F = \frac{Q}{k \times \Delta t} = \frac{910 \times 10^3}{1332 \times 14} = 48 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

Приймаємо до встановлення в підігрівачі труби діаметром $33 \times 1,5 \text{ мм}$ з робочою довжиною $3,5 \text{ м}$

Внутрішній діаметр трубки дорівнює

$$d_{\text{вн}} = d_3 - 2\delta = 33 - 2 \times 1,5 = 30 \text{ мм} \quad (2.5)$$

Розрахунковий діаметр труби

$$d_p = \frac{d_3 + d_{\text{вн}}}{2} = \frac{33 + 30}{2} = 31,5 \text{ мм}$$

Площа поверхні однієї труби

$$f = \pi d_p l = 3,14 \times 0,0315 \times 3,5 = 0,35 \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

Число труб в підігрівачі

$$(2.7)$$

Крок трубок

$$t_T = 1,3d_3 = 1,3 \times 0,033 = 0,043 \text{ м} \quad (2.8)$$

Внутрішній діаметр корпуса підігрівача (в, м) визначається по формулі

$$D = 1,10 t_T \sqrt{\frac{n}{Y_N}} = 1,10 \times 0,043 \sqrt{\frac{137}{0,7}} = 0,9 \quad (2.9)$$

$$t_t = 1.3 \times d_s = 1.3 \times 0.033 = 0.043 \quad (2.15)$$

Внутрішній діаметр корпусу підігрівача (в м) визначається по формулі:

$$D = 1.10 \times t_t \times \sqrt{\frac{Z}{y_t}} = 1.10 \times 0.043 \times \sqrt{\frac{338}{0.7}} = 1,039 \quad (2.16)$$

Де $y_t=0.7$ - коефіцієнт заповнення трубної ґратки трубами.

Приймаємо $D=1200$ мм

Визначаємо число труб в одному ході (в шт.) за формулою:

$$n_1 = 1.27 \times \frac{G}{d^2 \times b \times \rho} = 1.27 \times \frac{43.8}{0.03^2 \times 1054 \times 1.6} = 29 \quad (2.17)$$

де $\rho = 1054 \text{ кг/м}^3$ - густина сульфітованого соку;

$d=0.03$ м - внутрішній діаметр;

$b=1.6$ м/с - швидкість руху соку в трубах.

Визначаємо розрахункову довжину однієї трубки при одному ході (в м) за формулою:

$$L_1 = \frac{F}{\pi \times d_p \times n_1} = \frac{100}{3.14 \times 0.0315 \times 29} = 35 \quad (2.18)$$

Визначаємо число ходів трубного простору за формулою:

$$Z = \frac{L_1}{l} = \frac{35}{3.0} = 11,67 \quad (2.19)$$

Приймаємо число ходів $Z=12$

Визначаємо загальну кількість труб довжиною 3.0м в багатозахідному апараті (в шт.) за формулою:

$$n = Z \times n_1 = 12 \times 29 = 348 \quad (2.20)$$

Визначаємо товщину трубної ґратки (в мм) за формулою:

$$h_p = 0.125 \times d_s + 10 = 0.125 \times 33 + 10 = 14 \quad (2.21)$$

Визначаємо розрахункову висоту підігрівача (в м) за формулою:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$\Delta p = 0,5 u^2 \rho [(\lambda l / d_e) + \sum \xi] \quad (2.26)$$

де $d_e = d_\theta = 0,03 \text{ м}$ еквівалентний діаметр

$v = 1,6 \text{ м / с}$ - швидкість сиропу в трубах

$\rho_K = 1054 \text{ кг / м}^3$ - густина сиропу

$l = 3,5 \text{ м / с}$ - довжина каналу

$\xi = 10$ - коефіцієнт місцевого опору при повороті сиропу на 180°

$\xi = 8$ - коефіцієнт місцевого опору при виході і вході із труб

λ - коефіцієнт тертя одиниці відносної довжини ділянки каналу

Критерій Рейнольдса визначається по формулі

$$Re = \frac{v d \rho}{\mu} = \frac{1,6 \times 0,03 \times 1054}{0,48 \times 10^{-3}} = 105500 \quad (2.27)$$

де $\mu = 0,48 \times 10^{-3} \text{ Па} \times \text{с}$ - коефіцієнт динамічної в'язкості сиропу.

При турбулентному режимі руху коефіцієнт тертя визначається по формулі

$$\lambda = \frac{1}{(0,87 \ln \frac{3,7}{\epsilon})^2} = \frac{1}{(0,87 \ln \frac{3,7}{0,0033})^2} = 0,027 \quad (2.28)$$

Тоді

$$\begin{aligned} \Delta p &= 0,51 \times 6^2 \times 1054 [(0,027 \times 3,5 / 0,03 \times 8) + 1,5 \times 348] = \\ &= 8141,6 \text{ Па} \end{aligned} \quad (2.29)$$

потужність на валу насоса (в, кВт) визначається по формулі

$$N = (G \times \Delta p) / 1000 \eta P_c = (23 \times 8141,6) / 1000 \cdot 0,7 \cdot 1054 = 0,25 \text{ кВт} \quad (2.30)$$

де $\eta = 0,7$ - к. к. д. насосу

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Вибір допоміжного обладнання[3]

Визначаємо площу теплообміну випарної станції кожного корпусу:

$$F = \frac{Q}{K \times \Delta t} = \frac{W_n \times r_n}{K_n \times \Delta t_n} \quad (2.31)$$

Де W_n – кількість води відповідно в n – му корпусі випарної станції

K_n – коефіцієнт теплопередачі для відповідного корпусу

r_n - теплота пароутворення для кожного з корпусів

Δt_n - корисна різниця температур

Нормативи K_n для кожного з корпусів

$$K_1 = 8547,6 \text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{Г} \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$K_2 = 6285 \text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{Г} \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$K_3 = 3268,2 \text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{Г} \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$K_4 = 1759,8 \text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{Г} \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$K_5 = 1257 \text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{Г} \cdot ^\circ\text{C})$$

6, ст264,

r_n для кожного з корпусів $r_1 = 2239,5$; $r_2 = 2245,4$;

$r_3 = 2252,1$; $r_4 = 2256,2$; $r_5 = 2368,8$. 9, ст350

Δt_n - корисна різниця температур

$$\Delta t_1 = 7 \text{C}, \Delta t_2 = 6,5 \text{C}, \Delta t_3 = 7 \text{C}, \Delta t_4 = 8 \text{C},$$

$$\Delta t_5 = 8,5 \text{C}$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$F_1 = \frac{42,5 \times 2239,5 \times 10^3}{2374,3 \times 7} = 5726 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{28 \times 2245,4 \times 10^3}{1745,8 \times 7} = 5144 \text{ м}^2$$

$$F_3 = \frac{22 \times 2252,1 \times 10^3}{907,8 \times 8,5} = 6822 \text{ м}^2$$

$$F_4 = \frac{6 \times 2256,2 \times 10^3}{488,8 \times 6,5} = 4260 \text{ м}^2$$

$$F_5 = \frac{1,5 \times 2368,8 \times 10^3}{349,2 \times 8} = 1271 \text{ м}^2$$

Приймаємо до встановлення двопотокову лінію випарювання дифузійно-го соку

Приймаємо до встановлення перший корпус випарної станції двох потоків А2-ПВВ-1180 продуктивністю 26 т/год в кількості 4 шт

Приймаємо до встановлення другий корпус випарної станції двох потоків А2-ПВВ-1180 продуктивністю 26 т/год в кількості 4 шт

Приймаємо до встановлення третій корпус випарної станції двох потоків А2-ПВВ-1180 продуктивністю 26 т/год в кількості 4 шт

Приймаємо до встановлення четвертий корпус випарної станції двох потоків А2-ПВВ-2360 продуктивністю 52 т/год в кількості 2 шт

Приймаємо до встановлення п'ятий корпус випарної станції двох потоків А2-ПВВ-1500 продуктивністю 34 т/год в кількості 1 шт

Розрахунок і підбір фільтрів

Визначаємо загальну площу поверхні фільтрації робочих фільтрів

$$F = \frac{A \times a}{1440 \times 100 \times u \times \rho}; \quad (2.32)$$

										Лист
										29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ХІ.Т.00.00.00 ПЗ					

Де А – продуктивність заводу т/добу

а – кількість фільтрованого сиропу

и – середня швидкість фільтрації для сиропу $0,002\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$

$$F = \frac{10000 \times 976,8}{1440 \times 100 \times 0,002 \times 1054} = 32\text{м}^2$$

Приймаємо до встановлення патронний фільтр марки BAROMIX з площею фільтрації $4\text{кг}/\text{м}^2$ в кількості 9шт.

Приймаємо до встановлення сульфітатор СО-1,8 продуктивністю 5000 т/добу в кількості 2 шт.

Розрахунок і підбір мішалок

Продуктивність мішалки визначається по формулі

$$A = \frac{1440 \times 100 \times V \times \gamma \times \rho}{a \times z} \quad (2.33)$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

3. РОЗРАХУНКИ АПРАРАТА НА МІЦНІСТЬ

3.1 Розрахунок товщини стінки і кришки [8]

Вихідні дані для розрахунків.

Розрахунковий тиск P_p [13] при $(P_p/P) \cdot 100\% \leq 5\%$ приймається $P_p = P$
де P -робочий тиск –, щовиникає при нормальному протіканні робочого процесу

$$P_p = P = 0,12 \text{ МПа}$$

Розрахункова температура $t_p = t_{\max} = 90^\circ\text{C}$

Напруга, що допускається

$$[\sigma] = \eta\sigma^* \quad (3.1)$$

де:

σ^* - нормативна напруга, щодопускається, при t_p , МПа

η – поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготівки

Для сталі 12Х18Н10Т при $t_p = 90^\circ\text{C}$, $\sigma^* = 152 \text{ МПа}$ [8], $\eta = 1,0$ - для листового прокату

Тоді

$$[\sigma] = 1,0 \cdot 152 = 152 \text{ МПа}$$

Розраховане значення модуля продвжньої пружності для сталі 12Х18Н10Т при $t_p = 90^\circ\text{C}$, $E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

Коефіцієнт міцності зварного з'єднання для автоматичного дугового електрозварювання $\varphi = 1$

Надбавка до розрахункової товщини конструктивних елементів для матеріалу 12Х18Н10Т

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (3.2)$$

де:

C_1 - надбавка на корозію, $C_1 = 0 \text{ мм}$;

C_2 - надбавка для компенсації мінімального допуску, $C_2 = 0,4 \text{ мм}$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

C_3 - технологічна надбавка, $C_3 = 0$ мм.

Тоді $C = 0 + 0,4 + 0 = 0,4$ мм

Товщина стінки корпусу колони

Товщина обичайки

$$S \geq S_p + C \quad (3.3)$$

де:

S_p - розрахункова товщина обичайки

$$S_p = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi - p} \quad (3.4)$$

$$S_p = \frac{0,12 \cdot 1,2}{2 \cdot 152 \cdot 1 - 0,12} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$S = 3 \cdot 10^{-3} + 0,4 \cdot 10^{-3} = 0,0034 \text{ м}$$

Приймаємо виконавчу товщину $S = 8$ мм

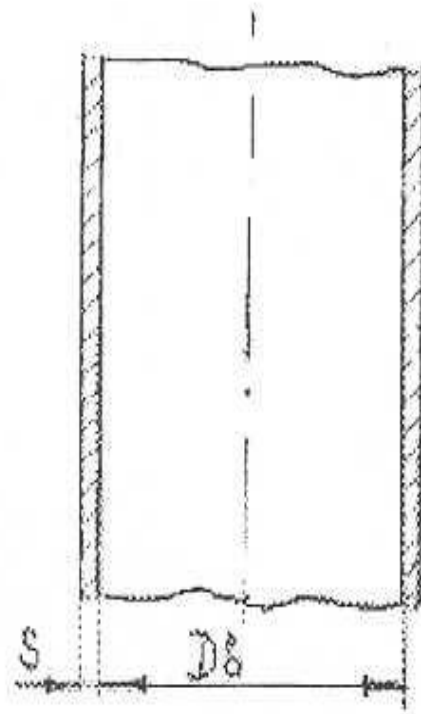


Рис.3.1 Ескіз обечайки

Рис.3.2 Ескіз кришки

Допустимий внутрішній тиск для днища при $S_1 = 8$ мм

$$[P] = \frac{2(S_1 - c)\varphi[\sigma]}{R + 0,5(S_1 - c)} \quad (3.9)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot (8 - 0,4) \cdot 10^{-3} \cdot 152}{1,2 + 0,5(8 - 0,4) \cdot 10^{-3}} = 1,91 \text{ МПа}$$

$[P] > P$ – умова виконується.

Умова застосовності формул

$$0,002 \leq \frac{S_1 - c}{D} \leq 0,1 \quad (3.10)$$

$$\frac{S_1 - c}{D} = \frac{8 - 0,4}{1200} = 0,0063 \text{ – умова виконується.}$$

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання [8]

Конструкцію з'єднання кришки і корпусу апарату при $D_a = 1200$ мм і $P = 0,25$ МПа вибираємо згідно табл. 13.7 [8] з плоским приварними фланцями і ущільнювальною поверхнею типу «шип - паз».

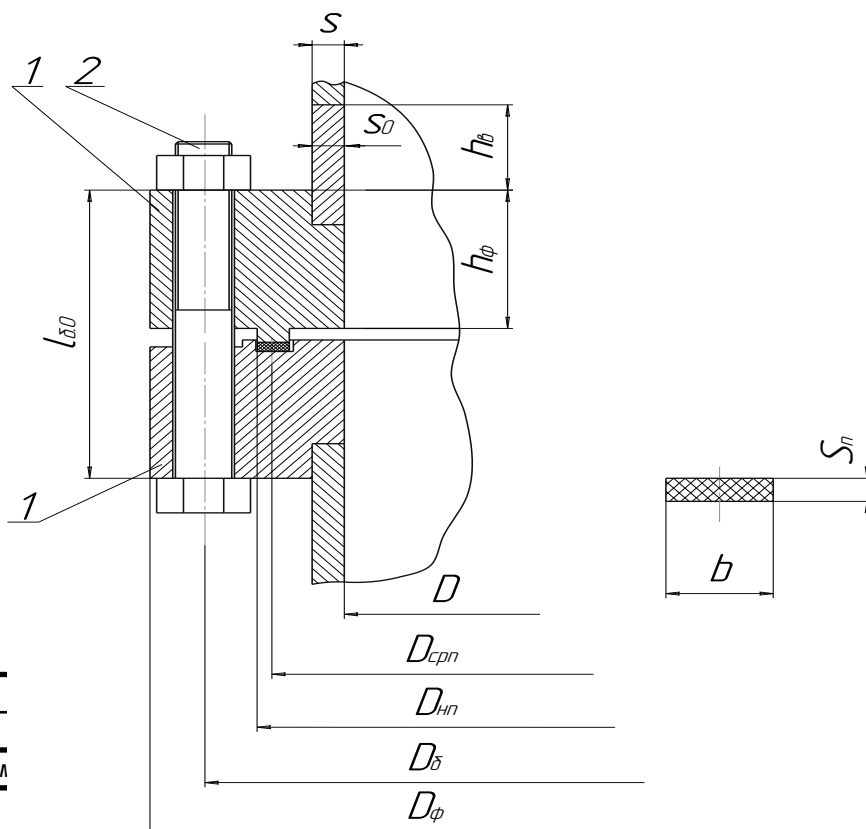
Товщину втулки фланця кришки приймаємо $S_0 = 10$ мм, що удовлетворяет умовию $S_0 \geq S$, то есть $10 \geq 10$.

Висоту втулки фланця визначаємо за формулою:

$$h_e > 0,5 \cdot \sqrt{D \cdot (s_0 - c)}, \quad (3.11)$$

$$h_e > 0,5 \cdot \sqrt{1200 \cdot (10 - 1,47)} = 56,2 \text{ мм, приймаємо } h_b = 150 \text{ мм.}$$

Рисунок 3.3 – Фланцеве з'єднання



Діаметр болтової окружності визначаємо за формулою або відповідно до табл. 13.7 [8]

$$D_{\sigma} \geq D + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_{\sigma} + u), \quad (3.12)$$

де d_{σ} – зовнішній діаметр болта, при $D = 1200$ мм і $P = 0,25$ МПа – $d_{\sigma} = 23$ мм; u – нормативний зазор між гайкою і втулкою, $u = 4 \div 6$ мм.

$$D_{\sigma} = 1200 + 2 \cdot (2 \cdot 12 + 23 + 5) = 1304 \text{ мм}, \text{ приймаємо } D_{\sigma} = 1310 \text{ мм}.$$

Зовнішній діаметр фланця визначаємо за формулою і відповідно до табл. 13.7 [2]:

$$D_{\phi} \geq D_{\sigma} + a, \quad (3.13)$$

де a – конструктивна добавка для розміщення гайок по діаметру фланця, приймаємо $a = 40$ мм.

$$D_{\phi} = 1310 + 40 = 1350 \text{ мм}.$$

Зовнішній діаметр прокладки визначаємо за формулою:

$$D_{nn} = D_{\phi} - l, \quad (3.14)$$

де l – нормативний параметр, що залежить від товщини прокладки, $l = 45$ мм.

$$D_{nn} = 1350 - 45 = 1305 \text{ мм}.$$

Середній діаметр прокладки визначається за формулою:

$$D_{cn} = D_{nn} - b, \quad (3.15)$$

де b – ширина прокладки, яка приймається згідно табл. 13.7 [2], $b = 13$ мм.

$$D_{cn} = 1305 - 13 = 1292 \text{ мм}.$$

Приймаємо матеріал прокладки пароніт по ГОСТ 481-80 з товщиною $S_{\pi} = 2$ мм.

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість болтів, необхідне для забезпечення герметичності з'єднання визначаємо за формулою:

$$n_{\sigma} \geq \frac{\pi \cdot D_{\sigma}}{t_{ш}}, \quad (3.16)$$

де $t_{ш}$ - рекомендований крок розташування болтів, рекомендується для болтів М20 и $P_y = 1,6$ МПа $t_{ш} = (2 \div 5) \cdot d_{\sigma}$, $t_{ш} = 90$ мм.

$$n_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 1310}{90} = 45,7 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість болтів $n_{\sigma} = 48$, кратне чотирьом. Висоту фланця h_{ϕ} визначаємо за формулою:

$$h_{\phi} \geq \lambda_{\phi} \cdot \sqrt{D \cdot s_{\phi}}, \quad (3.17)$$

де λ_{ϕ} – коефіцієнт, який визначається за графіком рис.13.14 [2], $\lambda_{\phi} = 0,32$;

S_{ϕ} – еквівалентна товщина втулки фланця, так як фланець плоский, то $\beta_1 = S_1/S_0 = 1$, приймаємо $S_{\phi} = S_0 = 10$ мм.

$$h_{\phi} = 0,32 \cdot \sqrt{1200 \cdot 10} = 38,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо висоту фланця $h_{\phi} = 60$ мм.

Розрахункова довжина болта визначається за формулою:

$$l_{\sigma} = l_{\sigma 0} + 0,28 \cdot d_{\sigma}, \quad (3.18)$$

де $l_{\sigma 0}$ – відстань між опорними поверхнями головки болта і гайки при товщині прокладки $S_{п} = 2$ мм,

$$l_{\sigma 0} = 2 \cdot (h_{\phi} + s_n), \quad (3.19)$$

$$l_{\sigma 0} = 2 \cdot (60 + 2) = 124 \text{ мм.}$$

$$l_{\sigma} = 124 + 0,28 \cdot 20 = 129,6 \text{ мм.}$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо розрахункову довжину болтів $l_6 = 130$ мм.

Визначення навантажень діючих на фланець

Рівнодіючу внутрішнього тиску визначаємо за формулою:

$$F_{\delta} = \frac{\pi \cdot D_{cn}^2}{4} \cdot P, \quad (3.20)$$

$$F_{\delta} = \frac{3,14 \cdot 1,252^2}{4} \cdot 1,0 = 1,23 \text{ Ї} .$$

Реакція прокладки визначається за формулою:

$$R_n = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot K_{np} \cdot P, \quad (3.21)$$

де K_{np} – коефіцієнт, що залежить від матеріалу і конструкції прокладки,

$$K_{np} = 2,5;$$

b_0 – еквівалентна ширина прокладки, $b_0 = b = 13$ мм, так як $b < 15$ мм.

$$R_n = 3,14 \cdot 1,252 \cdot 0,013 \cdot 2,5 \cdot 1,0 = 0,128 \text{ Ї} .$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій, визначається за формулою:

$$F_t = \frac{y_{\delta} \cdot n_{\delta} \cdot f_{\delta} \cdot E_{\delta} \cdot (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\delta} \cdot t_{\delta})}{y_n + y_{\delta} + 0,5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\delta} - D_{cn})^2}, \quad (3.22)$$

де α_{ϕ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця, $\alpha_{\phi} = 13,8 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;

α_{δ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болта (приймаємо для болта сталь 38ХА), $\alpha_{\delta} = 12,9 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;

t_{ϕ} – розрахункова температура неізолюваних фланців,

$$t_{\phi} = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 165 = 158,4 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

t_{δ} – розрахункова температура неізолюваних болтів,

$$t_{\phi} = 0,95 \cdot t = 0,95 \cdot 85 = 156,8 \text{ } ^{\circ}\text{C};$$

y_{ϕ} – лінійна податливість болтів, що визначається за формулою

$$y_{\phi} = \frac{l_{\phi}}{E_{\phi} \cdot f_{\phi} \cdot n_{\phi}}, \quad (3.23)$$

де E_{ϕ} – модуль поздовжньої пружності матеріалу болта, $E_{\phi} = 2,00 \cdot 10^5$ МПа.

f_{ϕ} – розрахункова площа поперечного перерізу болта по внутрішньому діаметру, згідно табл. 13.27 [2], $f_{\phi} = 2,35 \cdot 10^{-4}$ м²;

$$y_{\phi} = \frac{0,130}{2,00 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН.}$$

y_n – лінійна податливість неметалевої прокладки, що визначається за формулою

$$y_n = \frac{K_n \cdot h_n}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b}, \quad (3.24)$$

де K_n – коефіцієнт обтиску прокладки, для прокладок з параніту при S_n не більше 2 мм $K_n = 0,9$;

E_n – модуль поздовжньої пружності для матеріалу прокладки,

$$E_n = 2000 \text{ МПа.}$$

h_n – висота прокладки, $h_n = S_n = 2$ мм.

$$\sigma_i = \frac{0,9 \cdot 0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 1,252 \cdot 0,013} = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ і / Н' .}$$

y_{ϕ} – кутова податливість фланця, що визначається за формулою:

$$y_{\phi} = \frac{[1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda'_{\phi})] \cdot \psi_2}{h_{\phi}^2 \cdot E_{\phi}}, \quad (3.25)$$

де ν , λ'_{ϕ} – безрозмірні параметри, що визначаються за формулами

$$\lambda'_\phi = \frac{h_\phi}{\sqrt{D \cdot s_0}}, \quad (3.26)$$

$$\lambda'_\phi = \frac{0,060}{\sqrt{1,2 \cdot 0,010}} = 0,5.$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi \cdot \left(1 + \psi_1 + \frac{h_\phi^2}{s_0^2}\right)}, \quad (3.27)$$

де ψ_1 – коефіцієнт, визначаємо за формулою

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg \frac{D_\phi}{D} = 1,28 \cdot \lg \frac{1350}{1200} = 0,045. \quad (3.44)$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,5 \cdot \left(1 + 0,044 + \frac{0,06^2}{0,010^2}\right)} = 0,08.$$

ψ_2 – коефіцієнт, який визначається за формулою

$$\psi_2 = \frac{D_\delta + D}{D_\delta - D} = \frac{1350 + 1200}{1350 - 1200} = 17; \quad (3.28)$$

E_ϕ – модуль поздовжньої пружності для матеріалу фланця, $E_\phi = 1,84 \cdot 10^5$ МПа.

$$\delta_\delta = \frac{[1 - 0,08 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 17}{0,06^2 \cdot 1,84 \cdot 10^5} = 2,47 \cdot 10^{-2} \text{ м / м}.$$

$$F_t = \frac{4,6 \cdot 10^{-5} \cdot 60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 2,00 \cdot 10^5 \cdot (13,8 \cdot 10^{-6} \cdot 158,4 - 12,9 \cdot 10^{-6} \cdot 156,8)}{1,35 \cdot 10^{-4} + 4,6 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 2,47 \cdot 10^{-2} \cdot (1,310 - 1,252)^2};$$

$$F_t = 1,45 \text{ м}.$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання визначаємо за формулою:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{жс} = \frac{y_{\delta} + 0,5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\delta} - D - s_{эк}) \cdot (D_{\delta} - D_{cn})}{y_n + y_{\delta} + y_{\phi} \cdot (D_{\delta} - D_{cn})^2}, \quad (3.29)$$

$$K_{жс} = \frac{4,6 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 2,47 \cdot 10^{-2} \cdot (1,31 - 1,2 - 0,010) \cdot (1,31 - 1,252)}{1,35 \cdot 10^{-4} + 4,6 \cdot 10^{-5} + 2,47 \cdot 10^{-2} \cdot (1,31 - 1,252)^2} = 0,174.$$

Болтові навантаження в умовах монтажу (до подачі внутрішнього тиску) визначаємо за формулою:

$$F_{\delta 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} K_{жс} \cdot F_{\delta} + R_n \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot P_{n.p} \end{array} \right\}, \quad (3.30)$$

де $P_{n.p}$ – тиск віджимання прокладки, для параніту $P_{n.p} = 20$ МПа.

$$F_{\delta 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,418 \cdot 1,149 + 0,092 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,013 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,342 \\ 0,534 \end{array} \right\} = 0,534 \text{ кН}.$$

Болтові навантаження в робочих умовах визначаємо за формулою:

$$F_{\delta 2} = F_{\delta 1} + (1 - K_{жс}) \cdot F_{\delta} + F_t, \quad (3.31)$$

$$F_{\delta 2} = 0,511 + (1 - 0,174) \cdot 1,23 + 1,45 = 2,98 \text{ кН}.$$

Наведений вигинальний момент обчислюємо за формулою:

$$\dot{M}_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_{\delta} - D_{\bar{n}\bar{n}}) \cdot F_{\delta 1} \\ 0,5 \cdot [(D_{\delta} - D_{\bar{n}\bar{n}}) \cdot F_{\delta 2} + (D_{\bar{n}\bar{n}} - D - s_y) \cdot F_{\delta}] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \end{array} \right\}, \quad (3.32)$$

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (1,31 - 1,252) \cdot 0,511 \\ 0,5 \cdot [(1,31 - 1,252) \cdot 2,98 + (1,31 - 1,2 - 0,010) \cdot 1,23] \cdot \frac{160}{144} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,015 \\ 0,115 \end{array} \right\} = 0,115 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Перевірка міцності та герметичності фланцевого з'єднання

Умова міцності болтів визначається за формулою:

- в умовах монтажу

					Лист
					41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	XI.T.00.00.00 ПЗ

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \sigma_1, \quad (3.37)$$

де ψ_3 – параметр, визначається за графіком на рис.13.18 [2], при відношенні $S_1/S_0 = 1$ и $D^* = D = 1,6$ м, так как $D > 24 \cdot S_0$ ($1,2 > 24 \cdot 0,010 = 0,24$ м), $\psi_3 = 1,0$;

σ_1 – максимальна напруга в перетині S_1 фланця, що визначається за формулою

$$\sigma_1 = \frac{T_\phi \cdot M_0 \cdot \nu}{D^* \cdot (s_1 - c)^2}, \quad (3.38)$$

де T_ϕ – безрозмірний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$T_\phi = \frac{D_\phi^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{D_\phi}{D}\right) \right] - D^2}{(1,05 \cdot D^2 + 1,945 \cdot D_\phi^2) \cdot \left(\frac{D_\phi}{D} - 1\right)}, \quad (3.39)$$

$$\phi_0 = \frac{1,35^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{1,35}{1,2}\right) \right] - 1,2^2}{(1,05 \cdot 1,2^2 + 1,945 \cdot 1,35^2) \cdot \left(\frac{1,35}{1,2} - 1\right)} = 0,76$$

$$\sigma_1 = \frac{0,46 \cdot 0,115 \cdot 0,08}{1,2 \cdot (0,010 - 0,00147)^2} = 31,8 \text{ МПа}$$

$$\sigma_0 = 1,0 \cdot 31,8 = 31,8 \text{ МПа} .$$

σ_t – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску, визначаємо за формулою

$$\sigma_t = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot (s_0 - c)}, \quad (3.40)$$

$$\sigma_t = \frac{1,0 \cdot 1200}{2 \cdot (10 - 1,47)} = 56,98 \text{ МПа}$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

σ_m – меридіональне напруження у втулці від внутрішнього тиску, визначаємо за формулою

$$\sigma_m = \frac{P_p \cdot D}{[4 \cdot (s_0 - c)]}, \quad (3.41)$$

$$\sigma_m = \frac{1,0 \cdot 1200}{[4 \cdot (10 - 1,47)]} = 28,49 \text{ МПа}$$

σ_0 – допустиме напруження для фланця в перерізі S_0 при кількості навантажень з'єднання (складання-розбирання) не більше $2 \cdot 10^3$ з умов:

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E \text{ при } P_p < 4 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot 1,84 \cdot 10^5 = 552 \text{ МПа.}$$

Умова міцності

$$\sqrt{(31,8 + 28,49)^2 + 56,48^2} - (31,8 + 28,49) \cdot 56,48 \leq 1,0 \cdot 552$$

58,48 МПа < 579 МПа, умова міцності виконується.

Окружне напруження в кільці фланця визначаємо за формулою:

$$\sigma_\kappa = M_0 \cdot [1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_\phi)] \cdot \frac{\psi_2}{(D \cdot h_\phi^2)}, \quad (3.42)$$

$$\sigma_\kappa = 0,115 \cdot [1 - 0,08 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot \frac{17}{(1,2 \cdot 0,06^2)} = 33,3 \text{ МПа.}$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання визначається кутом повороту фланця за формулою:

$$\theta = \left(\frac{\sigma_\kappa}{E} \right) \cdot \left(\frac{D}{h_\phi} \right) \leq [\theta], \quad (3.43)$$

де $[\theta]$ – допускається кут повороту фланця, що приймається для плоских фланців $[\theta] = 0,013$ рад;

$$\theta = \left(\frac{33,3}{1,84 \cdot 10^5} \right) \cdot \left(\frac{1,2}{0,06} \right) = 0,004 \text{ рад} < 0,013 \text{ рад,}$$

умова герметичності фланцевого з'єднання виконується.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок опори апарата

Розрахунок опорних лап [9]

Визначаємо масу трубки в паровій камері (в кг) за формулою:

$$G_{mp} = \frac{\pi \times (d_3^2 - d_6^2)}{4} \times h \times \rho = \frac{3.14 \times (0.033^2 - 0.03^2)}{4} \times 3.5 \times 7800 = 4.1 \quad (3.44)$$

де $\rho = 7800$ кг/м³ – густина міді.

Визначаємо загальну масу трубок в паровій камері (в кг) за формулою:

$$G_{mp.z.} = G_{mp} \times n = 4.1 \times 290 = 1189 \quad (3.45)$$

Визначаємо масу трубної решітки (в м) за формулою:

$$G_{mp.p.} = \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \times h - \frac{\pi \times d_3^2}{4} \times h \times n \right) \times \rho = \left(\frac{3.14 \times 1^2}{4} \times 0.014 - \frac{3.14 \times 0.033^2}{4} \times 0.014 \times 290 \right) \times 7800 = 64 \quad (3.46)$$

Визначаємо масу двох трубних решіток (в кг) за формулою:

$$G_{2mp.p.} = 2 \times G_{mp.p.} = 2 \times 64 = 128 \quad (3.47)$$

Визначаємо масу циліндричної частини апарату (в кг) за формулою:

$$G_u = \frac{\pi \times (D_3^2 - D_6^2)}{4} \times H \times \rho = \frac{3.14 \times (1^2 - 0.99^2)}{4} \times 3.49 \times 7800 = 425 \quad (3.48)$$

Визначаємо масу кришки (в кг) за формулою:

$$G_k = \frac{1}{6} \times \pi \times (2 \times r \times h + \delta^2) \times \rho = \frac{1}{6} \times 3.14 \times (2 \times 0.15 \times 0.15 + 0.005^2) \times 7800 = 184 \quad (3.49)$$

Визначаємо масу двох кришок (в кг) за формулою:

$$G_{2k} = 2 \times G_k = 2 \times 184 = 368 \quad (3.50)$$

Визначаємо загальну масу апарату (в кг) за формулою:

$$G_m = G_{mp} + G_{2mp.p.} + G_u + G_{2k} = 1189 + 128 + 425 + 368 = 2110 \quad (3.51)$$

Визначаємо масу повного теплообмінника (в кг) за формулою:

										Лист
										45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

$$G_{повн.} = G_m + G = 2110 + 72.9 = 2182.9 \quad (3.52)$$

Визначаємо мавантаження на одну опорну лапу (в кН) за формулою:

$$G_{1.л} = \frac{G_{повн.}}{z} = \frac{2.2 \times 9.81}{3} = 7.2 \quad (3.53)$$

де $z = 3$ штуки – кількість опор

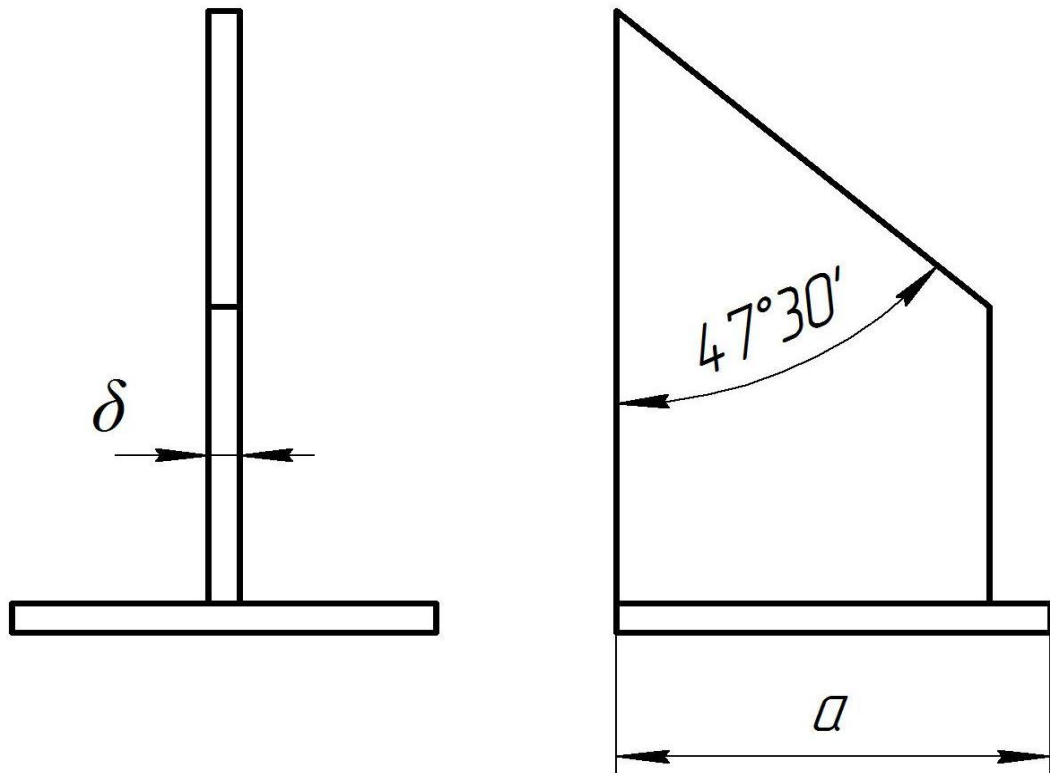
Попередньо знаходимо товщину δ ребра (в м)

$$\delta = \frac{2.24 \times G_{1.л}}{(\varphi \times [\sigma] \times a)} = \frac{2.24 \times 7.2 \times 10^{-3}}{(0.9 \times 80 \times 0.16)} = 0.002 \quad (3.54)$$

де $\varphi = 0.9-1.0$ - коефіцієнт зменшення

$[\sigma] = 80 - 100$ МПа - допустиме напруження на стискання

$a = 0.16$ м - вихід опор.



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.T.00.00.00 ПЗ

Лист

46

Рис. 3.4 Лапа опорна

Знаходимо коефіцієнт зменшення

$$\varphi = 1.05 - 43.5 \times 10^{-4} \times \lambda \quad (3.55)$$

де λ -гнучкість ребра, м.

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{0.33}{0.00289} = 114 \quad (3.56)$$

де r -найменший радіус інерції поперечного перерізу ребра, м

Знаходиться для $\alpha=47^\circ 30'$ із співвідношення

$$r = 0.289 \times \delta = 0.289 \times 0.002 = 0.001 \quad (3.57)$$

Знайдені значення підставляємо у формулу:

$$\varphi = 1.05 - 43.5 \times 10^{-4} \times 114 = 0.55 \quad (3.58)$$

Таким чином, гнучкість ребра

$$\lambda = \frac{\sqrt{h^2 + a^2}}{0.289 \times \delta} = \frac{\sqrt{0.20^2 + 0.12^2}}{0.289 \times 0.002} = 286 \quad (3.59)$$

де $h=0.20$ м - висота ребра

$a=0.12$ м - ширина ребра

4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА [10]

4.1 Монтаж розробленого апарата

В залежності від конкретних умов майданчик для установки підігрівачів розташовується на позначці міжповерхового перекриття або спеціальному майданчику. Її розміри повинні забезпечити безпеку і зручність монтажу, обслуговування і ремонту підігрівача.

Доставлений на місце монтажу підігрівач і його складові частини необхідно піддати зовнішньому огляду з метою перевірки зберігання при транспортуванні та комплектності поставки.

Підйом і установка підігрівача повинні виконуватися механізмами відповідної вантажопідйомності. При монтажі системи автоматичного регулювання температури соку в підігрівачі слід керуватися схемою креслення.

Монтаж підігрівача проводиться в такому порядку:

- Розмічають місце установки;
- Приварюють до підігрівача три лапи;
- Встановлюють підігрівач на заздалегідь підготовлене місце і вивіряє його положення;
- Приєднують трубопровід для підведення пари;
- Приєднують до підігрівача обхідний вентиль і з'єднують його трубопроводами для введення і виведення соку;
- Приєднують трубопроводи для відведення конденсату і не сконденсованих газів;
- Встановлюють на підігрівач вимірювальні прилади і прилади автоматичного регулювання температури.

Змонтований підігрівач, реєструють в органах Держтехнагляду, повинен бути врахований власником в спеціальній книзі обліку і огляду посудин, що зберіга-

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ється в особи, що здійснює нагляд за посудинами на підприємстві. Так як на підігрівач поширюється дія «Правил», то він повинен піддаватися технічному огляду (внутрішньому огляду і гідравлічному випробуванню) до пуску в роботу.

Гідравлічне випробування встановленого підігрівача при технологічному огляді повинно проводитися до накладення теплоізоляції пробним тиском:

- Для камери парової – 0,47 МПа (4,8 кгс/см²);
- Сокового простору - 0,882 МПа (9,0 кгс/см²).

Час витримки підігрівача під пробним тиском повинен бути не менше 10 хвилин.

Для гідравлічного випробування повинна застосовуватися вода температурою не нижче 283К (+10° С) і не вище 313К (+40° С).

Підігрівач вважається витриманим гідравлічне випробування, якщо не виявлено:

- а) ознак розриву;
- б) течі, потіння в зварних з'єднаннях і на основному металі;
- в) видимих залишкових деформацій.

Дозвіл на пуск в роботу підігрівача, що підлягає реєстрації, видається інспектором Держтехнагляду після реєстрації та технічного огляду.

4.2 Ремонт апарата

Ремонт підігрівача розпочинають із видалення накипу.

У цукровій промисловості широке поширення мають хімічні способи видалення накипу, хоча за якістю вони поступаються механічному очищенню, але є економічнішими і менш трудомісткими, які вимагають менших витрат часу.

Стан поверхні нагріву визначається гідравлічним випробуванням і оглядом окремих трубок на вибір. При гідравлічному випробуванні температура не повинна бути нижчою 4 °С. Потім проводять ремонт поверхні нагріву, для цього встановлюють в якому стані знаходяться трубки.

Грубо можна перевірити спрацювання, провівши зважування очищену від накипу трубку і зрівнявши її з вагою нової. Зменшення ваги більш чим на 30 %

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

α - коефіцієнт, враховуючий втрати тепла в навколишнє середовище (для ізольованих апаратів $\alpha=1,03-1,05$);

0,24- масова теплоємність повітря, ккал/кг·град;

ρ - густина приточного повітря, кг/м (в зимовий та літній час відповідно:

$$\rho_{пр} = \frac{\rho_0 \cdot T_0}{T_{пр}} = \frac{1,29 \cdot 273}{298} = 1,19 \text{ кг/м}^3, \quad (5.11)$$

де $\rho_0=1,29 \text{ кг/м}^3$; $T_0=273 \text{ К}$ - густина та температура повітря при $t_{пов} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$;

$T_{пр}$ - температура приточного повітря, К:

$$T_{пр} = 273 + t_{пр} = 273 + 25 = 298 \text{ К}, \quad (5.12)$$

де $t_{пр}$ - температура приточного повітря, С ($t = 25 \text{ С}$ для літнього періоду);

$t_{вит}$ - температура виходячого (в місці витяжки з приміщення) повітря, $^\circ\text{C}$:

$$t_{вит} = t_{р.з} + \Delta t(H-h) = 23 + 3 \cdot (21 - 15,2) = 40,4 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (5.13)$$

де $t_{р.з}$ - температура в робочій зоні, $^\circ\text{C}$ ($t_{р.з} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ - відповідно норм);

Δt - температурний градієнт ($\Delta t = 1-5 \text{ }^\circ\text{C}$);

H - висота приміщення, м (21 м);

h - висота робочої зони, м ($13,2 + 2 = 15,2 \text{ м}$);

тоді

$$L_{пр} = \frac{2606636}{0,24 \cdot 1,19 \cdot (40,4 - 25) \cdot 4,187} = 141546 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Площа перерізу аераційного фонаря, який буде забезпечувати необхідний повітрообмін, f (м):

$$f = \frac{L_{пр}}{\omega_n} = \frac{141546}{6 \cdot 3600} = 6,5 \text{ м}^2, \quad (5.14)$$

де $\omega_n = 6 \text{ м/с}$ - швидкість повітря в перерізі аераційного фонаря.

Приймаємо до встановлення 4-и дефлектори (встановлюємо на перекритті будівлі) з площею перерізу кожний $6,5/4 \approx 1,6 \text{ м}^2$ (при перерізі діаметром)

$$D_{\phi} = 2 \sqrt{\frac{f}{3,14}} = D_{\phi} = 2 \sqrt{\frac{1,6}{3,14}} = 1,4 \text{ м.}$$

										Лист
										62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Висновки

При проектуванні використаний підігрівач дифузійного соку кожухотрубний , багатоходовий з внутрішньою паровою камерою .

Проведені розрахунки матеріального і теплового балансів , конструктивні розрахунки , визначений гідравлічний опір апарата.

Здійснений вибір обладнання випарної станції.

Розрахунками на міцність підтверджена працездатність апарату.

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

Приведено використані в проєкті методи ремонту і монажу.

В розділі з охорони праці визначені основні шкідливі і небезпечні виробничі фактори.

Результатом проєкту є теплообмінник для підігрівання цукрового сиропу перед його фільтруванням на випарній станції цукрового заводу.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

