

Кафедра "Процеси та обладнання хімічних  
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри

\_\_\_\_\_   
підпис, дата

## Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"  
Освітня програма "Хімічна технологія та інженерія"

Тема роботи: Установка виробництва паливного біоетанолу

Розробити бражну колону

Виконав:

студент групи ХМ-61/8

Шматенко В.А

\_\_\_\_\_   
підпис

Залікова книжка

№ 18510244

Кваліфікаційна робота бакалавра  
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою \_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Підпис голови**

(заступника голови) комісії

Керівник:

Скиданенко М.С

\_\_\_\_\_   
підпис, дата

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

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"  
Освітня програма " Хімічна технологія та інженерія "

Курс 4 Група ХМ-61/8 Семестр 4

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

студенту Шматенко Вячеславу Анатолійовичу

Тема проекту: Установка виробництва паливного біоетанолу. Розробити бражну колону

Вихідні дані: потужність виробництва біоетанолу - 50 000 т/рік, сировина (біомасса) - лігнін, концентрація етанолу в зрілої бражці - не більше 15% (мас.).

Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- |  |            |
|--|------------|
| 1. <u>Технологічна схема установки</u>       | - 1 арк.   |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u>       | - 1,5 арк. |
| 3. <u>Креслення деталей і вузлів апарату</u> | - 1,5 арк. |

Рекомендована література: Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019, К.Ф.Павлов, П.Г.Романков, А.А.Носков. Приклади і задачі по курсу процесів і апаратів хімічної технології: Навчальний посібник для вузів / Під ред. П.Г.Романкова. - 9-е изд., Перераб. і доп. - Л. : Хімія, 1981. - 560 с.

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

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_

підпис

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 53 с., 14 рис., 2 додатки, 22 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема брагоректефікації, складальне креслення апарату, креслення опори, креслення колпачкової тарілки - всього 4.5 аркуша формату А1.

Тема проекту: «Установка виробництва паливного біоетанолу. Розробити бражну колону».

Наведено теоретичні основи і особливості процесу брагоректефікації, виконані технологічні розрахунки процесу, визначені розміри апарату, обґрунтований вибір матеріалів для виготовлення апарату, опис монтажу та ремонту колони, опис охори праці по темі “ Характеристика та дія на організм людини, нормування та захист від іонізуючого випромінювання”

Ключові слова: КОЛОНА, УСТАНОВКА, ВОДА ТЕХНІЧНА, ЕТАНОЛ, БРАЖНА КОЛОНА, БРАГА, БРК, БРАГОРЕКТЕФІКАЦІЯ, РОЗРАХУНОК.

## ЗМІСТ

Вступ	5
1. Технологічна частина	7
1.1. Опис технологічної схеми виробництва	7
1.2. Теоретичні основи процесу	8
1.3. Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів	9
2. Технологічні розрахунки процесу і апарата	16
2.1. Матеріальний та тепловий баланси процесу	16
2.2. Технологічні розрахунки	20
2.3 Конструктивні розрахунки	22
2.4. Гідравлічний опір апарата	24
2.5 Вибір допоміжного обладнання	28
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність	32
3.1. Визначення товщини стінки апарата, кришки	32
3.2. Розрахунок фланцевого з'єднання	34
3.3. Розрахунок опори апарата	35
4. Монтаж та ремонт апарата	40
4.1. Монтаж розробленого апарата	40
4.2. Ремонт апарата	41
5. Охорона праці	47
Список літератури	52
Додаток А (Розрахунки, виконані за допомогою програми ПАССАТ )	
Додаток Б – Специфікації	

					<b>ПОХНВ.Р.00.00.00. ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Шматенко.</i>				<b>Бражна колона</b> Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провір.</i>	<i>Скиданенко</i>						4	53
<i>Реценз.</i>						<b>СумДУ, гр.ХМ-61</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

## ВСТУП

Кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю 133 «Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв» є підсумкову залікову роботу, спрямовану на вирішення конкретних завдань із розрахунку, конструювання і виконання технічної документації на проєктований апарат хімічних виробництв. Розвиток хімічної промисловості вимагає створення нових високоефективних надійних і безпечних в експлуатації технологічних апаратів і нових технологій при виробництві товарів народного споживання, підвищення ефективності використання ресурсів і зниження енерго- і матеріалоємності виробництва, підвищення рівня автоматизації.

Енергетична проблема є однією з найбільших гострих у світі. Темпи розвитку економіки, ріст потреб населення вимагає все більшої кількості традиційних енергоносіїв, що мають властивість до вичерпання. Тому більшість країн знаходиться у постійному пошуку вирішення цієї проблеми шляхом збільшення альтернативних видів палива

Біотехнологічні способи отримання біопалива вже використовуються в багатьох країнах. В Україні велика кількість біотехнологічних процесів знаходиться на стадії розробки. Оскільки ціни на нафтову сировину різко зростають, екологічний стан країни є проблемою, зацікавленість у вирішенні питань з виробництва біопалива біотехнологічними методами також зростає. Використання біопалива є одним з основних способів вирішення енергетичної проблеми та має ряд переваг: поновлювальні ресурси, екологічна нейтральність та низька собівартість.

Біоетанол - це етанол, який отримують у процесі переробки рослинної сировини для використання як біопаливо або паливну добавку. Його використання в сумішах покращує властивість палива, а також зменшує негативний вплив на навколишнє середовище. Цукри та крохмаль, які одержують із цукрової тростини, цукрового буряку, кукурудзи, пшениці, сорго тощо, слугують сировиною для виробництва біоетанолу. Загалом

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергетичний потенціал біопалива в Україні оцінюють у 27 млн т умовного палива на рік.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



виходить на виході біоетанол (товарна фракція). У нижній частині епюраційні

колони збирається спирт, звільнений від головних домішок і направляється в колону ректифікації (потік 17) на 7 тарілку фортеця спирту становить 50%. Лютерну воду відводять з виварної камери колони гідроотводчіком (потік 19). З колони ректифікації спиртової пар направляють в дефлегматор для конденсації і утворилася при конденсації флегму повертають на верхню тарілку колони. Після конденсації на виході ми отримуємо висококонцентрований спирт з фортецею 95%

## 1.2 Теоретичні основи процесу

Для виділення біо етанолу з бражки і його очищення застосовується ректифікація. Ректифікація - процес поділу суміші, що складається з двох або більшої кількості компонентів, киплячих при різних температурах. Ректифікація застосовується для розділення рідких сумішей на компоненти або фракції, що розрізняються летючість (фугітвності), і здійснюється шляхом багаторазового двостороннього масо-і теплообміну між протivotочно рухомими паровими і рідинними потоками - флегмою. Розділення рідких однорідних бінарних або багатокомпонентних розчинів і газових сумішей на індивідуальні практично чисті компоненти або їх фракції методами ректифікації широко застосовується як основний технологічний процес у багатьох виробництвах хімічної та нафтопереробної галузях промисловості.

Процеси ректифікації засновані на тепло- і масообмінних взаємодії між парової і рідкої фазами компонентів, що входять в бінарний розчин. Взаємодія фаз при ректифікації представляє собою дифузію легколетучего компонента ЛЛК (низькокиплячого компонента НКК) з рідини в пар і труднолетучем компонента ТЛК (висококиплячих компонента ВКК) з пари в рідину. Фізична сутність процесу ректифікації полягає в тому, що в підігрітому однорідному рідкому розчині низькокиплячі компонент НКК, володіючи більш високою пружністю парів, переходить більш інтенсивно в парову фазу, яка при цьому

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





змінюється: паровий потік при русі вгору збагачується НКК, а рідинний, стікаючи вниз, збіднюється їм, тобто збагачується ВКК. При досить великому шляху контактування протилежно рухомих потоків, можна отримати пар, що виходить з верхньої частини колони - порівняно чистий ВКК, так званий кубовий залишок.

Флегма утворюється в результаті часткової конденсації пари, що виходять з верхньої частини колони, в спеціальних теплообмінних апаратах - дефлегматор, або вводиться в колону у вигляді харчування

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



нижньої частини колони у вигляді барди. З бардою відводяться екстрактивні речовини, зважені частинки, велика частина води і значне кількість хвостових домішок. Летюча частина бражки, яка містить етиловий спирт, воду і супутні летючі домішки, у вигляді пари або бражного дистиляту надходить на харчування епіюраційні колони. Далі йде процес очищення спирту

Складальне креслення бражної колони з ковпачковими тарілками входить до складу графічної частини курсового проекту і відображає конструктивне оформлення проектного апарату..

Колона бражная брагоректифікаційний установки для виробництва етилового спирту, являє собою циліндричний вертикальний апарат (відповідно до рис.1.2), що складається з окремих царг, що збираються за допомогою різних фланцевих з'єднань. У середині царг встановлені тарілчасті контактні пристрої. Колона встановлена на фундамент за допомогою опори. На кришці колони знаходяться цапфи для проведення монтажних робіт.

Бражка подається за допомогою штуцера в корпусі на поживну тарілку колони. Перетікаючи з тарілки на тарілку і перебуваючи в безперервному контакті з піднімається в колоні паром, бражка звільняється від етилового спирту та інших летких компонентів (домішок). Пар, насичений легколетучим компонентами, зміцнюється у верхній частині колони і виводиться через штуцер, розташований в кришці колони. З бражки, що стікає зверху вниз по колоні виділяються опади, які засмічують тарілки, тому над кожною тарілкою подвійного кип'ятіння вбудовані два люка для огляду і чищення, розташовані діаметрально протилежно один одному. Крім того, для полегшення чищення тарілок, переливні склянки виконані розбірними. У зміцнює частини колони встановлені сітчаті тарілки. Над верхньою тарілкою розташований штуцер для введення флегми - конденсату бражного дистиляту. Щоб уникнути перекидання

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

бражки в зміцнюючу частина колони, між нижньою і верхньою частинами колони передбачено в сепараційні простір висотою до 1 м.

Для контролю та управління процесом ректифікації в колоні передбачені штуцери для підключення вакуум-переривників і установки гільз термометрів. У днище колони передбачений штуцер для повного зливу рідини в кубової частини колони. Для технологічних цілей в кубової частини колони передбачений лаз.

Рідина сполучену спиртом, виводять через штуцер з кубової частини апарату. Обігрів колони здійснюється гострою парою, що надходять в кубову частина колони через барботер. У кубової частини колони є патрубки для підключення пристрою регулювання рівня рідини.

При виборі конструкційних матеріалів на основні деталі проєктованого апарату враховуються такі його найважливіші властивості: міцності, жаростійкість і жаропрочність, корозійна стійкість при агресивному впливі середовища, фізичні властивості, технологічні характеристики, мала схильність до старіння, склад і структура матеріалу, вартість і можливість його отримання, наявність стандарту або затверджених технічних умов на його поставку (техніко-економічні показники).

Вибір конструкційних матеріалів на основні деталі проєктованого апарату здійснюється відповідно до рекомендацій (/ 1 /, розд.1).

Сталь 12X18H10T ГОСТ 5632-72. Замінники: Сталь 08X18Г8Н2Т, Сталь 10X14Г14Н4Т, Сталь 12X18Н9Т, Сталь 12X17Г9АН4.

Призначення: зварні апарати і посудини, що працюють в розведених розчинах азотної, оцтової, фосфорної кислот.

Вид поставки (сортамент): сортовий (Шестигранник калібрований ГОСТ 8560-78, Квадрат г / катаний ГОСТ 2591-88, Колог / катаний ГОСТ 2590-88, Коло калібрований, х / катаний ГОСТ 7417-75), листи (Лист товстий г / катаний ГОСТ 19903-74, Лист тонкий х / катаний ГОСТ 19904-

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



ГОСТ 8278-83), труби (Труба водогазопровідна ГОСТ 3262-75, Труба електрозварні ГОСТ 10704-91, Труба електрозварні квадратна ТУ 14-105-566-93, Труба електрозварні прямокутна ТУ 14-105-566-93), сітки (Сітка тканина ГОСТ 3826-82).

Основні фізико-механічні властивості:

- модуль пружності  $E$ , МПа = 200000
- модуль зсуву  $G$ , МПа = 74000
- щільність  $\rho$ , кг / м<sup>3</sup>.7850
- межа міцності  $\sigma_{в,,}$ , МПа,  $\geq 420$
- межа плинності  $\sigma_{т,}$ , МПа,  $\geq 230$

Зварюваність: добре зварюється усіма видами зварювання.

Фторопласт-4 ГОСТ 10007-80 Е.

Призначення: каркаси, котушки, панелі, підстави ізоляційні, покриття антифрикційні.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

### 2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу

Вихідні дані нині технологічного розрахунку апарату(кількості і технологічні параметри потоків, що надходять в колону і йдуть з неї (згідно рис.1.2), вказані відповідно до завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Продуктивність установки  $G_{y.сп.}$ , тон / рік = 50000

Концентрація етилового спирту в зрілої бражці  $x_f, \%$  (мас.) = 15

Концентрація етилового спирту в бражній дистилляті  $x_d, \%$  (мас.) = 60,0

Концентрація етилового спирту в барді  $x_w, \%$  не більше = 0,0010

Початкова температура бражки, що надходить на перегонку становить 22 °С, температура бражки на вході в бражну колону ухвалюємо рівної 85 °С.

Концентрація сухих речовин у зрілій бражці складе 10% мас., концентрація сухих речовин у бардові ухвалюємо 8% мас. [21]

Складемо рівняння теплового балансу бражної колони:

$$Q_{\sigma} + Q_{\text{дол}} = Q_d + Q_R + Q_{\text{ном}}, \quad (2.1)$$

де:  $Q_{\sigma}$  - тепло, що виноситься бражкою; кВт,

$Q_{\text{дол}}$  - тепло, внесене пором, що гріють; кВт

$Q_d$  - тепло, яке виноситься дистиллятом; кВт

$Q_R$  - тепло, яке виноситься залишком; кВт

$Q_{\text{т.в}}$  -теплові втрати; кВт.

Прихід тепла з бардою визначимо по формулі:

$$Q_{\sigma} = \frac{G_{\text{бр}} \cdot C_{\text{бр}} \cdot t_{\text{бр}}}{86400} = \frac{2021760 \cdot 3,85 \cdot 85}{86400} = 7657,65 \text{ кВт}, \quad (2.2)$$

Де:  $C_{\text{бр}} = 3,85$  кДж/(кг•к) - теплоємність бражки.

Витрата тепла з парами бражного дистилляту визначимо по формулі:

$$Q_d = \frac{G_d \cdot I_d}{86400} = \frac{445321 \cdot 1964,47}{86400} = 10125 \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

Де:  $I_d = 1964,47$  кДж/кг - ентальпія пар бражного дистилляту.

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ				





Молекулярний вміст спирту в бардові складі:

$$X_R = \frac{0,01/46}{\frac{0,01}{46} + \frac{100 - 0,01}{18}} = 0,00004 \% \text{ мол.}$$

Де:  $X=0,01\%$  мас. - вміст спирту в барді.[22]

Визначимо відносну величину числа живлення по формулі:

$$U = \frac{G_{бр}}{G_d} = \frac{X_d - X_R}{X_{бр} - X_R} = \frac{0,45 - 0,00004}{0,064 - 0,00004} = 7,03 \quad (2.8)$$

Де:  $X_d=0,45$  - молекулярна частка спирту в дистилаті;

$X_{бр}=0,064$  - молекулярна частка спирту в бражці.

Флегмове число бражної колони становить  $V=0$  тому рівняння робочої лінії колони має вигляд:

$$X = \frac{1}{7,03} \cdot y + \frac{7,03 - 1}{7,03 + 1} \cdot 0,00004 = 0,1422y + 0,00003$$

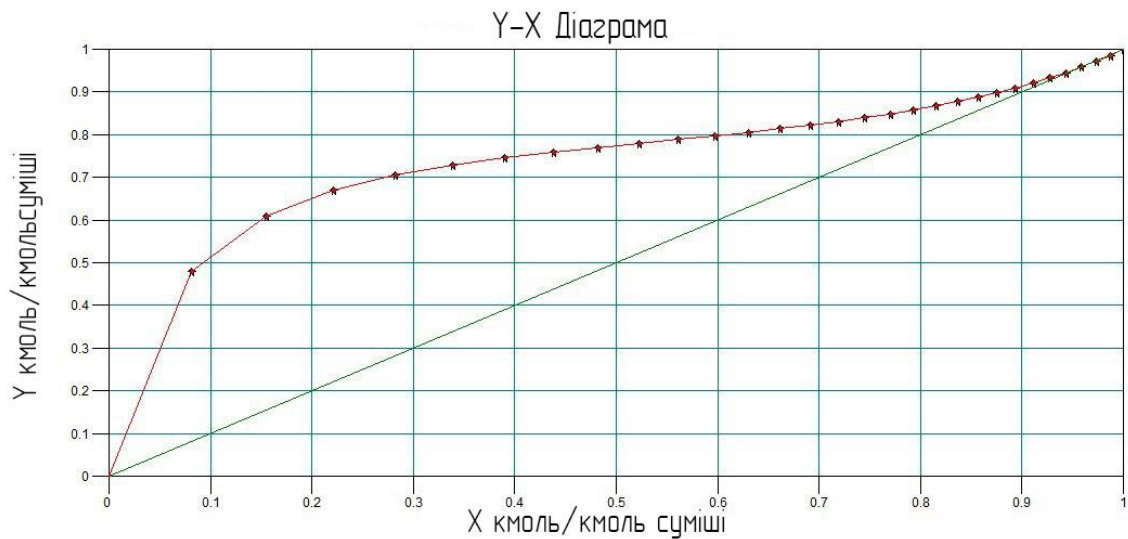


Рис 2.1 - діаграми рівноваги для системи етиловий спирт - вода і робочих ліній процесу

XU данне для Ethanol / Water

Модель К фаз. равн.: MUNF

Т Град С	P atm	Масс. доли					
		X1	Y1	Гамма1	Гамма2	φasi1	φasi2
99.998	1.000	0.00000	0.00000	5.934	1.000	1.000	1.000
92.398	1.000	0.08104	0.47933	4.677	1.004	1.000	1.000
88.591	1.000	0.15445	0.60947	3.845	1.014	1.000	1.000
86.345	1.000	0.22127	0.66993	3.252	1.029	1.000	1.000
84.885	1.000	0.28234	0.70501	2.813	1.049	1.000	1.000
83.865	1.000	0.33838	0.72826	2.477	1.073	1.000	1.000
83.108	1.000	0.38999	0.74520	2.215	1.100	1.000	1.000
82.516	1.000	0.43766	0.75852	2.007	1.131	1.000	1.000
82.030	1.000	0.48184	0.76968	1.838	1.164	1.000	1.000
81.615	1.000	0.52289	0.77952	1.701	1.201	1.000	1.000
81.248	1.000	0.56114	0.78857	1.587	1.240	1.000	1.000
80.917	1.000	0.59686	0.79717	1.492	1.282	1.000	1.000
80.612	1.000	0.63029	0.80555	1.413	1.326	1.000	1.000
80.328	1.000	0.66165	0.81387	1.346	1.373	1.000	1.000
80.060	1.000	0.69113	0.82225	1.289	1.423	1.000	1.000
79.808	1.000	0.71888	0.83076	1.240	1.475	1.000	1.000
79.571	1.000	0.74507	0.83948	1.198	1.530	1.000	1.000
79.349	1.000	0.76980	0.84845	1.163	1.587	1.000	1.000
79.141	1.000	0.79321	0.85772	1.133	1.647	1.000	1.000
78.949	1.000	0.81540	0.86730	1.107	1.710	1.000	1.000
78.775	1.000	0.83645	0.87724	1.085	1.776	1.000	1.000
78.618	1.000	0.85646	0.88754	1.066	1.844	1.000	1.000
78.480	1.000	0.87551	0.89824	1.050	1.914	1.000	1.000
78.364	1.000	0.89364	0.90935	1.037	1.988	1.000	1.000
78.271	1.000	0.91095	0.92088	1.026	2.065	1.000	1.000
78.202	1.000	0.92746	0.93286	1.018	2.144	1.000	1.000
78.161	1.000	0.94325	0.94530	1.011	2.226	1.000	1.000
78.148	1.000	0.95836	0.95822	1.006	2.311	1.000	1.000
78.166	1.000	0.97283	0.97163	1.003	2.399	1.000	1.000
78.219	1.000	0.98670	0.98555	1.001	2.490	1.000	1.000
78.309	1.000	1.00000	1.00000	1.000	2.583	1.000	1.000

Рис 2.2 – Розрахунок значень Y, X через програмне забезпечення

### СHEMСAD

При цьому об'єм пар, які рухаються в колоні складе:

$$V = \frac{G_d \cdot 22,4 \cdot T_{cp}}{M_{cp} \cdot 273} = \frac{5,13 \cdot 22,4 \cdot (273 + 96,57)}{21,67 \cdot 273} = 7,17 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.9)$$

де:  $T_{cp} = 273 + 96,57$  - середня температура в колоні.

Величину парового потоку в колоні визначимо з умови:

$$G_n = \frac{P \cdot I_n}{I} = \frac{4,89 \cdot 2725,5}{2674} = 4,89 \text{ кг/с} \quad (2.10)$$

де:  $I = 2674$  кДж/кг - ентальпія пари у колоні.

Величину рідинного потоку визначимо по формулі:

$$G = \frac{G_{бр} \cdot c_M (t_k - t_n)}{I - c_k \cdot t_k} = \frac{23,4 \cdot 3,85 (89,97 - 85)}{2674 - 4,89 \cdot 131,8} = 0,22 \text{ кг/с} \quad (2.11)$$

Де:  $t_n = 85^\circ\text{C}$  - температура бражки [22].

Загальна кількість рідинного потоку становить:

$$L = G_{бр} + G_k = 23,4 + 0,22 = 23,62 \text{ кг/с.} \quad (2.12)$$

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ				

## 2.2 Технологічні розрахунки

Теплоємність бражки й барди визначимо по формулі:

$$C_m = (1,02 - 0,0095 \cdot V) \cdot 4,187 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}), \quad (2.13)$$

де:  $V=10\%$  мас - концентрація сухих речовин у бражці, бардові.

4,187 кДж – питома теплоємність води

У такий спосіб теплоємність бражки складе:

$$C_m = (1,02 - 0,0095 \cdot 10) \cdot 4,187 = 3,85 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}).$$

Тоді теплоємність барди складе:

$$C_b = (1,02 - 0,0095 \cdot 8) \cdot 4,187 = 4,06 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}).$$

$$G = \frac{P \cdot 10 \cdot \rho_{сп}}{24 \cdot 3600} \quad (2.14)$$

Де:  $P=50000$  т/рік продуктивність

$$50000/365 = 136 \text{ т/добу}$$

$$1 \text{ тонна} = 283 \text{ дал}$$

$$P = 136 \cdot 283 = 38450 \text{ дал/добу}$$

$$\rho = 0,789 \text{ кг/л-щільність спирту};$$

Визначимо добова витрата бражки за умови вмісту спирту в ній  $\alpha=15\%$  мас.

Визначимо кількість безводного спирту, що надходить із бражкою в колону:

$$G_{бр} = \frac{G \cdot 86400 \cdot 100}{a} = \frac{3,51 \cdot 86400 \cdot 100}{15} = 2021760 \text{ кг/доб.} = 23,4 \text{ кг/с} \quad (2.15)$$

Визначимо витрата бражки з урахуванням вмісту в ній сухих речовин (кг/доба):

$$M = \frac{100+B}{100} G_{бр} = \frac{100+10}{100} \cdot 2021760 = 2223936 \text{ кг/доб.} \quad (2.16)$$

де:  $V=10\%$  мас - зміст сухих речовин у бражці.

Температура кипіння бражки при вмісті спирту в ній  $15\%$  мас рівна  $92^\circ\text{C}$ . [22]

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 2.3 Конструктивні розрахунки

Число теоретичних тарілок визначимо по формулі:

$$n' = \frac{\lg\left[1 + \frac{X_n}{X_R} \left(\frac{K \cdot G}{L} - 1\right)\right]}{\lg \frac{K \cdot G}{L}} - 1; \quad (2.21)$$

Де:  $X_n=0,2\%$  мол. - зміст легколетучого компонента на n- тарілок;[22]  
 $X_R=0,00004\%$  мол.- зміст легколетучого компонента в залишку;  
 $K=13$  - коефіцієнт випару легколетучого компонента.[22]

$$n' = \frac{\lg\left[1 + \frac{0.2}{0.00004} \left(\frac{13 \cdot 23.4}{23.62} - 1\right)\right]}{\lg \frac{13 \cdot 23.4}{23.62}} - 1 = 3.3 \quad (2.22)$$

Середню мольну концентрацію легколетучого компонента в колоні визначимо по формулі:

$$X_{cp} = \frac{X_{бр} + X_R}{2} = \frac{0.064 + 0.0004}{2} = 0,0332 \quad (2.23)$$

Де:  $X_{бр}=0,064$ -молекулярна частка спирту в бражі.  
 $X_R=0,0004$ -молекулярна частка спирту в залишку.

Виходячи з рівняння робочої лінії колоні середня концентрація спирту в парах становить

$$Y_{cp} = 7.03 \cdot 0.0332 - 0,00028 = 0,233\% \text{ мол.},$$

що відповідає середній температурі в колоні  $86.34^\circ\text{C}$ .

При цьому середня щільність пар у колоні складе:

$$\rho_{cp} = \frac{M_{cp} \cdot 273}{22.4 \cdot (273 + t_{cp})} = \frac{21.67 \cdot 273}{22.4 \cdot (273 + 86.34)} = 0,73 \text{ кг/м}^3, \quad (2.24)$$

Де:  $M_{cp}$ - Середня молекулярна маса пара у колоні;

$$M_{cp} = Y_{cp} \cdot M_1 + (1 - Y_{cp}) M_2 = 0,131 \cdot 46 + 0,869 \cdot 18 = 21,67$$

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Дійсне число тарілок визначимо по формулі:

$$N = \frac{n + n'}{\eta} \text{ шт} \quad (2.25)$$

Де:  $\eta = 0,6$ -коефіцієнт дії тарілки;  
 $n = 8$  шт число щаблів концентрації.

Таким чином

$$N = \frac{8 + 3,3}{0,6} = 18,83$$

Застосовуємо  $N_d = 20$  тарілок.

Висоту тарілчастої частини колони визначимо з рівняння

$$H_T = (N_d - 1) h_{MT}; \quad (2.26)$$

Де:  $h_{MT} = 0,5$  м- висоту між тарілчастої відстані;

$$H_T = (20 - 1) \cdot 0,5 = 9,5 \text{ м.}$$

Для визначення конструктивних розмірів колони ухвалюємо гранично - припустиму швидкість пари в колоні  $\omega_n = 0,5$  м/с.

Необхідний діаметр колони визначимо з рівняння безперервності парового потоку:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega_y}} = \sqrt{\frac{1,49}{0,785 \cdot 0,5}} = 1,94 \text{ м.}$$

Ухвалюємо діаметр колони 2 м.

Висоту сепараційного простору верхньої частини колони вибираємо конструктивно з умови, що вона становить  $(0,4-0,5)$  діаметра колони:

$$H_B = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ м.}$$

Діаметр патрубків визначимо по формулі:

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{V_{\text{сек}}}{0,785 \cdot \omega}} \quad (2.27)$$

Де:  $V_{\text{сек}}$ - секундна витрата рідини або пари, м<sup>3</sup>/з;  
 $\omega$ -швидкість рідини або пари;  
 $\omega = (0,5-2,5)$  м/с - швидкість рідини в напірних трубопроводах;  
 $\omega = (0,1-0,5)$  м/с-швидкість рідини в трубі;  
 $\omega = (5-20)$  м/с - швидкість пари в патрубку.

									Арк.
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ				

Патрубок виходу пари

$$d = \sqrt{\frac{1.17}{0.785 \cdot 20}} = 0,25 \text{ м.}$$

Приймаємо  $d=250$  мм.

Патрубок входу бражки

$$d = \sqrt{\frac{7.17}{0.785 \cdot 2.5 \cdot 746.88}} = 0,059 \text{ м.}$$

Приймаємо  $d=65$  мм.

Патрубок до вакуум-переривника ухвалюємо 40 мм, до пробного холодильника 20 мм, патрубок для зливу рідини (дренаж) і для промивання ухвалюємо 25 мм, монтажні люки 400 мм, гільзи термопари 32 мм.

Діаметр патрубка для введення пари, що гріє, визначаємо по формулі:

$$d_1 = \sqrt{\frac{P \cdot 4}{\rho_1 \cdot \pi \cdot V_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,63}{3,14 \cdot 1,62 \cdot 20}} = 0,16 \text{ м.} \quad (2.28)$$

Приймаємо  $d_1=200$  мм.

Де:  $\rho_1 = 1,62$  кг/м<sup>3</sup> - щільність пари, що гріє;

$P=0,48$  кг/з - висота пари, що гріє;

$V_1=30$  м/с - швидкість руху пари, що гріє.

## 2.4 Гідравлічний опір апарата

Гідравлічний розрахунок контактних елементів виконується згідно методичних рекомендацій [5].

Розрахунок ковпачкової тарілки

Робоча площа тарілки  $F_p$ , м<sup>2</sup>

$$F_p = V_{\Pi}^B / w_p^B = 3.25 / 1.66 = 1.95 \text{ м}^2 \quad (2.60)$$

За довідковими даними [5] вибираємо тарілку типу ТСК-РБ для колони діаметром  $D = 2000$  мм. Ця тарілка має такі параметри: периметр зливу  $\Pi = 1,455$  м; площа зливу,  $F_{зл} = 0,404$  м<sup>2</sup>; довжину шляху рідини по тарілці  $l_p = 3,55$  м; зазор під зливним стаканом  $a = 0,06$  м; кількість ковпачків  $m = 88$ ; діаметр ковпачка  $d_k = 100$  мм, відстань між тарілками  $H_T = 500$  мм [5].

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ					









$$\Delta h = 0,1 \cdot 16 \cdot \frac{0,722 \cdot 0,00297^2}{0,665^2 \cdot (0,059 + 0,019)^3 \cdot 9,81} = 0,008 \text{ м.}$$

Опір шару рідини на тарілці

$$\Delta p_{\text{ж}} = \left( h_{\text{г}} + \frac{h_{\text{пр}} + \Delta h}{2} \right) \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g, \quad (2.75)$$

$$\Delta p_{\text{ж}} = \left( 0,053 + \frac{0,024 + 0,008}{2} \right) \cdot 927 \cdot 9,81 = 500 \text{ Па.}$$

Загальний опір тарілки

$$\Delta p_{\text{т}} = \Delta p_{\text{сух}} + \Delta p_{\text{ж}} = 198 + 500 = 698 \text{ Па.}$$

опір колони

$$\Delta p = n_{\text{т}} \cdot \Delta p_{\text{т}} = 698 \cdot 14 = 9772 \text{ Па.}$$

## 2.5 Вибір допоміжного обладнання

До допоміжного обладнання брагоректифікаційних установок відносяться: насоси, пастки, сепаратори, холодильники, ліхтарі, фільтри, регулятори рівня і ін.

При підборі насоса слід враховувати крім необхідної продуктивності створюваний натиск, який може бути визначений виходячи з величини геометричного підйому бражки (від рівня бражки в місці забору до рівня її в напірної ємності або підігрівачі бражки) і з напору, необхідного для подолання гідравлічних опорів в трубопроводах. При подачі бражки і особливо зерно-картопляної безпосередньо в установку (підігрівач бражки) натиск від гідравлічних опорів становить більшу частину загального напору.

Орієнтовно необхідний загальний натиск насоса можна рекомендувати рівним не менше 0,4 ... 0,5 МПа.

При переробці пінливою бражки спостерігається значний винесення її з верхньої тарілки бражної колони. Щоб уникнути цього, передбачається установка різних відбійних пристроїв. У ректифікаційних установках застосовуються відбійні пристрої, вбудовані в колону, відбійні тарілки (рис.2.4) і виносні пастки. Як правило, це відбійники інерційного або відцентрового типу. В умовах бражної колон вони працюють недостатньо

					<b>ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





$$D = 15\sqrt{G_{\text{усп}}} = 15\sqrt{38765} = 3000 \text{ мм} \quad (2.82)$$

$$H = (2 - 2.5) * D = (2 - 2.5) * 3000 = 6000 \text{ мм} \quad (2.83)$$

Ліхтарі для спирту і побічних продуктів ректифікації вельми різноманітні. Широке поширення набув ліхтар, наведений на рис.2.7. Ліхтар дозволяє вести візуальне спостереження за відбором спирту, вимірювати температуру і концентрацію спирту. Найбільш вразливою деталлю ліхтаря є скляний циліндр. Його діаметр не слід робити більш 200 мм. Він повинен бути термостійким і міцним. Доцільно виготовляти його зі скла пірекс

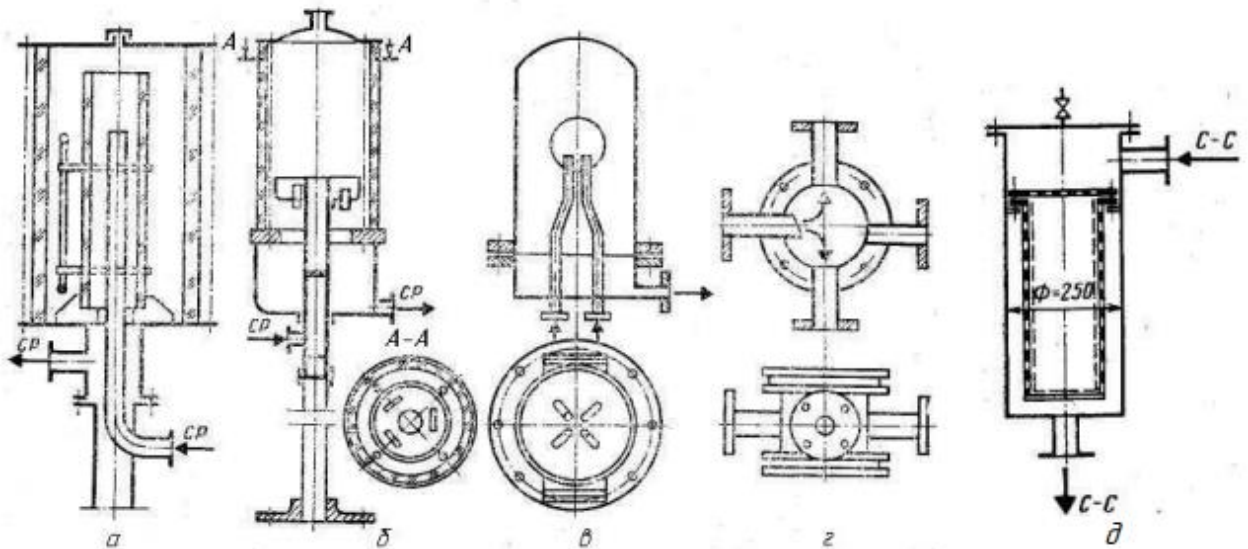


Рис 2.6 –Фільтри

У сирцевих ректифікаційних установках зазвичай після холодильника спирту передбачається установка фільтра (рис.2.6 д). В якості фільтруючого матеріалу використовується грубошерста тканину. При переробці зернокартопляної бражки на деяких заводах встановлюють фільтри-цідилки на лінії подачі бражного конденсату в епюраційні колону, щоб виключити засмічення останньої дробиною, що буря спирто-водяною парою з бражної колони. По конструкції вони аналогічні фільтру, наведеним на рис. 2.6 д, однак замість фільтрує тканини в них встановлюється металева решітка з отворами діаметром 2 мм. Діаметр фільтра-цідилки 0,3 ... 0,5 м, висота 0,5 ... 0,8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 3. РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

#### 3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

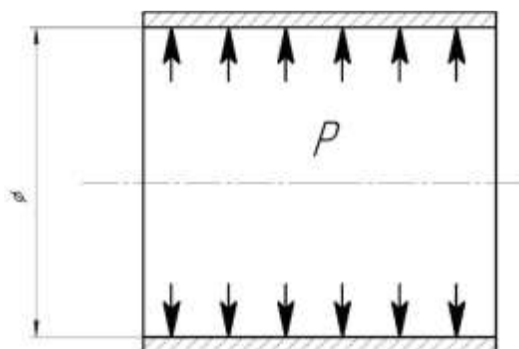


Рис 3.1 - Розрахункова схема обичайки

Розрахунок товщини стінки циліндричних обичайок здійснюється за формулою:

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p} + C \quad (3.1)$$

де  $p$  - розрахунковий тиск, 0,35 МПа;

$D$  - внутрішній діаметр бражної колони, 2000 мм;

$[\sigma]$  допустима напруга для матеріалу 12Х18Н10Т при температурі  $t = 100$  С° (робочі умови)

$\varphi = 1$  - коефіцієнт міцності зварного шва;

$C$  - надбавка до розрахункової товщини стінки,  $C = 2.8$

$$s_p = \frac{0.35 \cdot 2000}{2 \cdot 1 \cdot 174 - 0.35} + 2.8 = 4.8 \text{ мм}$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при дозволяється за напрузі

$$[\sigma]_n = \frac{\sigma_T}{1,1} = \frac{174}{1,1} = 158.18 \text{ МПа,}$$

$$p_n = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma]_n}{[\sigma]} \quad (3.2)$$

$$p_n = 1.25 \cdot 0.35 \cdot \frac{158.18}{174} = 0.39 \text{ МПа.}$$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



У цьому випадку розрахункова товщина стінки обичайки:

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - p} + C \quad (3.3)$$

$$s_p = \frac{0.39 \cdot 2000}{2 \cdot 1 \cdot 158.18 - 0.39} + 0.39 = 2.85 \text{ мм.}$$

З запасом приймаємо стандартне значення товщини стінки обичайки  $s=5$  мм.

Розрахунок циліндричної обичайки на виконання умов міцності, допустимі навантаження робочих умовах, а також в умовах гідравлічних випробувань і монтажу виконаний в програмі ПАССАТ і наведений у Додатку А.

### Розрахунок товщини стінки еліптичного днища

Розрахункова схема днища приведена на рис. 5:

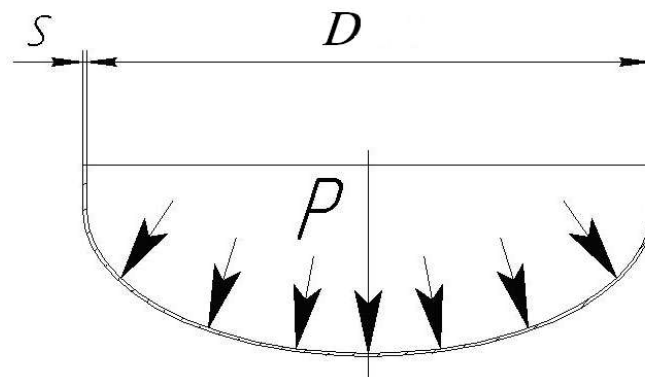


Рис. 3.2 - Розрахункова схема днища еліптичного

Необхідну товщину еліптичних днищ обчислюють за рівнянням:

$$s_p = \frac{p \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - 0.5 \cdot p} + C \quad (3.4)$$

де  $p$  - розрахунковий тиск, 0.35 Па;

$R$  - максимальний радіус кривизни днища, мм;

$[\sigma]$  допустима напруга для матеріалу 12X18H10T при температурі  $t = 100$  С°

$\varphi = 1$  - коефіцієнт міцності зварного шва;

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



монтажу виконаний в програмі ПАССАТ і наведений у Додатку А.

### 3.3 Розрахунок і вибір опори

Вибір типу опори залежить від ряду умов: місця установки апарату, спів-відношення висоти і діаметра апарату, його маси і т.д.. При відношенні  $H / D \geq 5$  вибрано опора, зображена на кресленні колони. За ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору виконання 1 і проводимо перевіірочні розрахунки

$D_H = D + 2S_1$  – зовнішній діаметр циліндричної обичайки

$D_H = 2000 + 2 \cdot 5 = 2010$  мм

Маса циліндричної обичайки:

$$M_{\text{цилиндр}} = \pi \cdot \left( \frac{D_H^2 - D^2}{4} \right) \cdot \rho \cdot H \cdot 10^{-9} \quad (3.6)$$

де  $\rho$  – густина сталі.

$H$  – висота циліндричної обичайки

$$M_o = 3.14 \cdot \left( \frac{2010^2 - 2000^2}{4} \right) \cdot 7870 \cdot 20600 \cdot 10^{-9} = 7256.1 \text{ кг}$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0.2 \cdot M_o = 0.2 \cdot 7256.1 = 1451.2 \text{ кг. кг.}$$

Маса рідини при гідравлічних випробуваннях:

$$M_p = 0.785 \cdot D^2 \cdot H \cdot \rho_p = 0.785 \cdot 2000^2 \cdot 19 \cdot 960 = 57273600 \text{ кг} \quad (3.7)$$

Де  $D$  – діаметр апарату

$H$  – висота апарату

$\rho_p$  – густина рідини

З додатку 2 [4] маса однієї тарілки при  $D = 2000$  мм

$$m_T = 152 \text{ кг,}$$

отже, при числі тарілок  $n = 20$  загальна маса тарілок

$$m_1 = m_T \cdot n = 152 \cdot 20 = 3040 \text{ кг} \quad (3.8)$$

$$M_T = 16.5 + 10.7 = 27.2 \text{ кг.}$$

Наведена навантаження на опору

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35





$$\phi_0 = \frac{1}{C_\phi \cdot J_\phi} = \frac{1}{50 \cdot 0.299} = 0.066 \quad (3.13)$$

де  $C_\phi = 50 \text{ МН/м}^3$  – коефіцієнт нерівномірності стиснення ґрунту;

$J_\phi$  - момент інерції підшви фундаменту щодо центральної осі:

$$J_\phi = 1.3 \cdot J_k = 1.3 \cdot 0.23 = 0.299 \text{ м}^4 \quad (3.14)$$

де  $J_k$  – момент інерції фундаментного кільця

$$J_k = \pi \cdot D_3^4 \cdot l / 8 = \pi \cdot 2^4 \cdot 0.3 / 8 = 0.23 \text{ м}^4 \quad (3.15)$$

де  $l = 0,3 \text{ м}$  – ширина кільця

$$T = 1.79 \cdot 20 \sqrt{\frac{7.94}{9.8} \left( \frac{20}{2 \cdot 10^5 \cdot 0.0071} + 4 \cdot 0.066 \right)} = 7.9 \text{ с} \quad (3.16)$$

Нормативний швидкісний напір для II географічного поясу  $q = 0,035 \cdot 10^{-2} \text{ МН/м}^2$  [8 с.636].

Коефіцієнт динамічності визначаємо за графіком [8 с.687]:

$$\text{для } T = 7.9 \text{ с} - \varepsilon = 4.1$$

Коефіцієнт пульсації швидкісного напору визначаємо за графіком [8 с. 687]:

$$\text{для ділянки 1} - m_1 = 0,33$$

$$\text{для ділянки 2} - m_2 = 0,34$$

$$\text{для ділянки 3} - m_3 = 0,35$$

Визначаємо коефіцієнт збільшення швидкісного напору для кожної

$$\text{ділянки } \beta = 1 + \varepsilon \cdot m \quad (3.17)$$

$$\beta_1 = 1 + 4.1 \cdot 0.33 = 2.353$$

$$\beta_2 = 1 + 4.1 \cdot 0.34 = 2.394$$

$$\beta_3 = 1 + 4.1 \cdot 0.35 = 2.435$$

Сила від вітрового навантаження, що діє на кожну ділянку апарату:

$$P_i = 0,6 \cdot \beta_i \cdot q_i \cdot D \cdot h_i \quad (3.18)$$

$$P_1 = 0.6 \cdot 2.353 \cdot 0.035 \cdot 10^{-2} \cdot 3.36 \cdot 7 = 0.0142 \text{ МН}$$

$$P_2 = 0.6 \cdot 2.394 \cdot 0.035 \cdot 10^{-2} \cdot 3.36 \cdot 7 = 0.0165 \text{ МН}$$

$$P_3 = 0.6 \cdot 2.435 \cdot 0.035 \cdot 10^{-2} \cdot 3.36 \cdot 7 = 0.0168 \text{ МН}$$

					<i>ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згинальний момент від вітрового навантаження на апарат щодо заснування при силі тяжіння апарату:

$$M_{B1} = 0.0142 \cdot 1.25 = 0.0175 \text{ МН}$$

$$M_{B2} = 0.0165 \cdot 11.25 = 0,18 \text{ МН}$$

$$M_{B3} = 0.0168 \cdot 20 = 0,336 \text{ МН}$$

$$\sum M_B = 0,5335 \text{ МН}$$

$\Sigma M_B$  1, отже, умова стійкості дотримується.

В тих випадках, коли колонний апарат встановлюється в географічному районі, схильному до землетрусів, є можливість втрати стійкості і падіння апарату. Сила землетрусів оцінюється в балах. Для різних категорій споруд в залежності від їх особливостей встановлена розрахункова сейсмічність в 9 балів.

Оскільки Сумська область знаходиться в районі сейсмічності в 6 балів, то апарат проектується без врахування сейсмічності. [20]

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА [16, 17, 18]

### 4.1 Монтаж розробленого апарата

Приміщення цеху ретельно прибирають, з цеху видаляють сторонні предмети і все обладнання для гідравлічного і пневматичного випробування, крім інструментів, проводять маркування запірної арматури на колекторі пара і води, пробних холодильників, контрольно-вимірювальних приладів, ліхтарів. Контрольно-вимірювальні прилади (в т.ч. і контрольні снаряди) перевіряють і тарують.

Все обладнання ретельно промивають. Перевіряють правильність установки зливного склянки, щільність закриття всіх люків і лазів на колоні і допоміжному обладнанні. Перевіряють справність і легкість відкриття запірної арматури.

Спочатку установку пускають на воді і парі (паро-водяне випробування). Після перевірки роботи колони на парі і воді, і усунення непомічених недоліків переходять на обігрів колони через випарники.

Робота установки на парі і воді вважається нормальною, якщо немає течі, установка працює спокійно, тиск в колоні стійко, рідина в епруветку надходить плавно і легко піддається регулювання (змінною подачі охолоджуючої води на дефлегматор), все КВП працюють нормально.

Перед першою після монтажу пробою установки на воді та парі, рекомендується провести хімічну обробку колони. Обробку ведуть спочатку 8 ... 10% -ним розчином соляної кислоти, а потім 5 ... 10% -ним розчином карбонату натрію. Витрата хімікатів в залежності від продуктивності колони становить: кислоти 20 ... 50 кг на колону, карбонату натрію 30 ... 40 кг на колону. Установка, піддана хімообробка, вважається підготовленою до пуску на спирті-сирці. Випробування установки на герметичність, пароводяне випробування, гідравлічні випробування теплообмінників проводиться у присутності головного інженера підприємства, керівника

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



монтажних робіт, начальника цеху, або особи що відповідає за подальшу експлуатацію цеху.

## 4.2 Ремонт апарата

Колонні апарати ремонтують при планово попереджувальних ремонтах технологічної установки. Порядок підготовки апарату до ремонту і проведення ремонтних робіт залежить від особливостей установки.

У більшості випадків колонні апарати готують до ремонту в такий спосіб. Доводять тиск в колоні до атмосферного, з апарату видаляють робоче середовище, після чого його пропарюють водяною парою, який витісняє залишилися в колоні пари і газу. Після пропарювання колону промивають водою. У деяких випадках пропарку і промивку чергують кілька разів. Час операцій обмовляється у виробничій інструкції (технологічному регламенті) кожної технологічної установки або технологічного блоку.

Промивання колон водою сприяє також більш швидкому їх охолодженню. Не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50 градусів.

Пропарену і промиту колону від'єднують від всіх апаратів і комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевих з'єднаннях штуцерів. Установку кожної заглушки і наступні її зняття реєструють в спеціальному журналі.

### Технологія ремонту

Ремонт апарату починають з його розтину, яке необхідно проводити, суворо дотримуючись таких правил. Спочатку відкривають верхній люк, причому перед цим в апарат протягом деякого часу подають водяну пару, щоб уникнути можливого підсосу в повітря, в результаті якого може утворитися вибухонебезпечна суміш. Далі послідовно (згори вниз) відкривають інші люки. Категорично забороняється одночасно відкривати верхній і нижній люки. Не можна також відкривати спочатку нижній, а потім верхній люк, так як внаслідок різниці температур відбувається сильна

										Арк.
										41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ					

притока повітря в колону, що може привести до утворення вибухонебезпечної суміші.

З метою скорочення тривалості ремонтних робіт ще при промиванні колони водою відвертають частина болтів на тих люках, які будуть розкриватися, не порушуючи при цьому герметичності.

Після відкриття люків колона деякий час провітрюється в результаті природної конвекції повітря. Можливість проведення ремонтних робіт в колоні встановлюють виходячи з результатів лабораторного аналізу проби повітря, взятого з неї. Доступ людей в колону можливий, якщо концентрація вуглеводнів в пробі не перевищує 300 мг / м, а зміст сероводорода- 10 мг / м. Гранично допустимі концентрації інших речовин в технологічній карті (технологічному регламенті) кожної установки, блоку або відділення.

При роботі всередині колони необхідно ретельно дотримуватися правил техніки безпеки. Робочий повинен надягати запобіжний пояс з мотузкою, кінець якої виводиться назовні і надійно закріплюється; за роботою знаходиться всередині колони робочого постійно спостерігає спеціально виділений для цієї мети робочий. Тривалість безперервної роботи в колоні повинна бути не більше 15 хв. Після цього необхідний такий же за тривалістю відпочинок поза колони (зазвичай робочий і спостерігач міняються місцями).

При перших же ознаках появи всередині ремонтного апарату вибухонебезпечних, горючих або токсичних рідин, парів і газів всяку роботу слід негайно припинити.

До підготовки колони пред'являють особливо високі вимоги в тому випадку, якщо в ній повинні проводитися вогневі (зварювальні) роботи. Ділянка колони, на якому проводиться зварювання, відділяється металевими або просоченими водою дерев'яними настилами, накритими повстиною.

Для освітлення всередині колони застосовують лампи напругою не більше 12 В. Переносне освітлення повинно бути вибухобезпечним.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корпус колони, а також її внутрішні пристрій піддають ретельному огляду. При необхідності огляду всієї поверхні корпусу розбирають внутрішні пристрої або їх частину. Наприклад, в ректифікаційних колонах для доступу до тарілок, на рівні яких люки відсутні, розбирають проходи на тарілках, що лежать вище.

Виявлення дефектів корпусу, що вимагає високої кваліфікації, включає візуальний огляд для визначення загального стану корпусу і ділянок, що піддаються найбільшому зносу; вимір залишкової товщини корпусу за допомогою ультразвукових дефектоскопів, шляхом мікрометрів і контрольного просвердлювання отворів; перевірку на щільність зварних швів і рознімних з'єднань і т. д.

За характером виявленого дефекту встановлюють зміст і спосіб ремонту корпусу. Нещільні зварні шви вирубують, зачищають і заварюють відповідним електродом. Вельми важливо правильне перекривання нового і старого швів.

Зношені штуцери і люки вирізають і заміняють новими з обов'язковим встановленням зміцнювальних кілець. Бажано, щоб зміцнюють кільця нових штуцерів мали дещо більший діаметр, ніж старі: це дозволяє приварювати їх в новому місці. Ремонту піддають все штуцери, сигнальні отвори на зміцнювальних кільцях яких під час експлуатації були заглушені пробками.

При кожному ремонті вимірюють фактичну товщину стінки корпусу експлуатованого колонного апарату. Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізають, а на їх місце ставлять нову ділянку, заздалегідь свальцованний по радіусу колони. Зварювання виробляють встик. Вирізання великих ділянок корпусу може привести до ослаблення перетину і порушення стійкості. Тому до вирізання дефектного ділянки його зміцнюють стійками, що встановлюються всередині або зовні.

Число й перетин стійок і розміри опорних лап розраховують виходячи з умови рівності їх опорів вирізаного перетину.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проміжні обичайки легко замінюють наступним чином. Встановлюють підйомні щогли, які утримують верхню, неушкоджену частину колони, відокремлюють цю частину від пошкодженої ділянки газорезки і опускають на землю. Пошкоджену частину колони стропят і за допомогою тих же щогл опускають на землю. Заздалегідь підготовлену нову частину колони піднімають і стикуються з нижньою частиною колони, потім піднімають верхню її частину. Після перевірки монтованих частин заварюють обидва стикових шва.

Дуже часто, з огляду на трудомісткість таких замін ділянок корпусу, визнають доцільною повну заміну зношеної колони. Демонтаж зношеної колони виробляють в порядку, зворотному монтажу. Після відповідних перевірок демонтується колона може бути використана для установки монтажних щогл точно так же, як нова колонна- для демонтажу.

Для контролю перекоосу необхідні мірні прокладки і щуп. Після установки кришки на основні шпильки корпусу різьбові кінці шпильок змащують, після чого на них надягають шайби і нагвинчують гайки. Після зіткнення торців гайок з шайбами в отвори для мастила шпильок вставляють пристосування для вимірювання подовження шпильок. Гайки затягують навхрест за допомогою мостового крана в порядку зазначеному на рис 1.2, до свідчення індикатора 0,01 0,02 мм.

Ця величина-показник початку розтягування шпильки. Встановивши початок розтягування всіх шпильок і усунувши перекоіс кришки, приступають до остаточної затягуванні в два етапи: спочатку зусиллям, рівним 0,5 контрольного, а потім-повним зусиллям. Остаточну затягування проводять спеціальними ключами і мостовим краном з динамометром на гаку.

Після затяжки і контролю за динамометру через дві години перевіряють точність затягування за абсолютним подовженню шпильок. Залежно від результатів виміру проводять коригування подовження шпильок підтяжкою або відпуском гайок. Затягування задовільним, якщо зусилля затяжки всіх

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



теплообмінних трубок (при необхідності), пайкою і зварюванням помічених щілин і тріщин, повним гідровипробувань всіх апаратів установки і її забарвленням. Після капітального ремонту апарата його ресурс не повинен поступатися ресурсу нової установки.

Крім планових робіт по ремонту установки її робота повинна бути негайно припинена, якщо всередині колони, куба і інших апаратів спостерігаються нехарактерні шуми і стуки; при порушеннях технологічних показників і виявлення втрат етанолу.

					ПОХНП. Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### Характеристика та дія на організм людини, нормування та захист від іонізуючого випромінювання [13, 14, 15].

Іонізуюче випромінювання - це будь-яке випромінювання, взаємодія якого із середовищем призводить до утворення електричних зарядів різних знаків. Являє собою потік заряджених і (або) незаряджених частинок.

Розрізняють:

- безпосередньо іонізуюче випромінювання;
- побічно іонізуюче випромінювання.

Безпосередньо іонізуюче випромінювання складається із заряджених частинок, кінетична енергія яких достатня для іонізації при зіткненні з атомами речовини ( $\alpha$  і  $\beta$  - випромінювання радіонуклідів, протонної випромінювання прискорювачів та ін.). Побічно іонізуюче випромінювання складається з незаряджених (нейтральних) частинок, взаємодія яких із середовищем призводить до виникнення заряджених частинок, здатних безпосередньо викликати іонізації (нейтронної випромінювання, гамма-випромінювання).

Ядра всіх ізотопів хімічних елементів утворюють групу нуклідів, більшість яких нестабільні, тобто вони весь час перетворюються в інші нукліди. Мимовільний розпад нестабільного нукліда називається радіоактивним розпадом, а сам такий нуклід - радіонуклідом. При кожному розпаді вивільняється енергія, яка і передається далі у вигляді випромінювання. Освіта і розсіювання радіонуклідів призводить до радіоактивно зараження повітря, ґрунту, води, що вимагає постійного контролю їх змісту та вжиття заходів щодо нейтралізації.

Джерелами іонізуючих випромінювань є радіоактивні елементи і їх ізотопи, ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські установки, високовольтні джерела постійного струму і ін.

Істотну частину опромінення населення одержує від природних джерел радіації, тобто з космосу і від радіоактивних речовин, що знаходяться в

									Арк.
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ				

земній корі. Наприклад, радіоактивний газ радон постійно виділяється на поверхню і проникає в виробничі і житлові приміщення.

Будь-який вид іонізуючих випромінювань викликає біологічні зміни в організмі як при зовнішньому (джерело знаходиться поза організмом), так і при внутрішньому опроміненні (радіоактивні частинки потрапляють всередину організму з їжею, через органи дихання).

Основний механізм дії на організм людини іонізуючого випромінювання здійснюватиме пов'язаний з процесами іонізації атомів і молекул живої матерії, зокрема молекул води, що містяться в клітинах, що веде до їх руйнування.

Ступінь впливу іонізуючих випромінювань на живий організм залежить від потужності дози опромінення, тривалості цього впливу, виду випромінювання і радіонукліда, що потрапив всередину організму.

Кількість енергії випромінювання, поглинена одиницею маси опромінюється тіла (тканинами організму), називається поглинутою дозою і вимірюється в греях (1 Гр - 1 Дж / кг). Однак цей критерій не враховує того, що при однаковій поглиненої дози  $\alpha$ -частинки набагато небезпечніше  $\beta$ -частинок і гамма-випромінювання.

У зв'язку з цим введена величина еквівалентної дози, яка вимірюється в зіверт (1 Зв = 1 Дж / кг) по Міжнародній системі одиниць (СІ), прийнятої в 1960 р Зиверт є одиницю поглиненої дози, помножену на коефіцієнт, що враховує неоднакову радіаційну небезпеку для організму різних видів іонізуючого випромінювання.

Для оцінки еквівалентної дози застосовується також одиниця бер (біологічний еквівалент рада): 1 бер = 0,01 Зв. У зіверт також вимірюється ефективна еквівалентна доза - еквівалентна доза, помножена на коефіцієнт, що враховує різну чутливість різних тканин до опромінення.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



## Наслідки іонізуючого випромінювання для здоров'я

Радіаційне ушкодження тканин і / або органів залежить від отриманої дози опромінення або поглиненої дози, яка виражається в греях (Гр).

Ефективна доза використовується для вимірювання іонізуючого випромінювання з точки зору його потенціалу заподіяти шкоду. Зіверт (Зв) - одиниця ефективної дози, в якій враховується вид випромінювання та чутливість тканини і органів. Вона дає можливість виміряти іонізуюче випромінювання з точки зору потенціалу нанесення шкоди. Зв враховує вид радіації і чутливість органів і тканин.

Зв є дуже великий одиницею, тому практичніше використовувати менші одиниці, такі як мілізіверт (мЗв) або мікросіверта (мкЗв). В одному мЗв міститься тисяча мкЗв, а тисяча мЗв складають один Зв. Крім кількості радіації (дози), часто корисно показати швидкість виділення цієї дози, наприклад мкЗв / год або мЗв / рік.

Вище певних порогових значень опромінення може порушити функціонування тканин і / або органів і може викликати гострі реакції, такі як почервоніння шкіри, випадання волосся, радіаційні опіки або гострий променевої синдром. Ці реакції є більш сильними при більш високих дозах і більш високої потужності дози. Наприклад, порогова доза гострого променевого синдрому становить приблизно 1 Зв (1000 мЗв).

Якщо доза є низькою і / або впливає тривалий період часу (низька потужність дози), обумовлений цим ризик істотно знижується, оскільки в цьому випадку збільшується ймовірність відновлення пошкоджених тканин. Проте ризик довгострокових наслідків, таких як рак, який може проявитися через роки і навіть десятиліття, існує. Впливу цього типу виявляються не завжди, проте їх ймовірність пропорційна дозі опромінення. Цей ризик вище в разі дітей і підлітків, так як вони набагато більш чутливі до впливу радіації, ніж дорослі.

Епідеміологічні дослідження в групах населення, які зазнали опромінення, наприклад людей, що вижили після вибуху атомної бомби,

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або пацієнтів радіотерапії, показали значне збільшення ймовірності раку при дозах вище 100 мЗв. У ряді випадків більш пізні епідеміологічні дослідження на людях, які піддавалися впливу в дитячому віці в медичних цілях (КТ в дитячому віці), дозволяють зробити висновок про те, що ймовірність раку може підвищуватися навіть при більш низьких дозах (в діапазоні 50-100 мЗв).

Вплив іонізуючого випромінювання може викликати пошкодження мозку плода при сильній дозі, що перевищує 100 мЗв між 8 і 15 тижнем вагітності і 200 мЗв між 16 і 25 тижнем вагітності. Дослідження на людях показали, що до 8 тижнів або після 25 тижня вагітності пов'язаний з опроміненням ризик для розвитку мозку плода відсутня. Епідеміологічні дослідження свідчать про те, що ризик розвитку раку у плода після впливу опромінення аналогічний ризику після впливу опромінення в ранньому дитячому віці.

Відповідно до вимог Закону про радіаційну безпеку населення введені дозові межі:

- для персоналу 20 мЗв (мілізіверт) в рік при виробничій діяльності з джерелами іонізуючих випромінювань;
- для населення - 1 мЗв.

Заходи щодо захисту від іонізуючого випромінювання здійснюватиме.

Захист від іонізуючих випромінювань здійснюється за допомогою наступних заходів:

- скорочення тривалості роботи в зоні випромінювання;
- повна автоматизація технологічного процесу;
- дистанційне керування;
- екранування джерела випромінювання;
- збільшення відстані;
- використання маніпуляторів і роботів;

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання засобів індивідуального захисту і попередження знаком радіаційної небезпеки;
- постійний контроль за рівнем іонізуючого випромінювання і за дозами опромінення персоналу.

Захист від внутрішнього опромінення полягає в усуненні безпосереднього контакту працюючих з радіоактивними речовинами та запобігання потрапляння їх в повітря робочої зони.

Для захисту людей від іонізуючих випромінювань слід строго дотримуватися вимог «Норм радіаційної безпеки (НРБ-09/2009)» і «Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки (ОСПОРБ-99/2010)».

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- 11.ГОСТ 14249-89. Судини і апарати. Норми і методи розрахунку на міцність. - М.: Державний комітет стандартів, 1989. - 33с.
- 12.Основні процеси та апарати хімічної технології.: Посібник з проектування / За ред. Ю.І.Дитнерського.- М.: Хімія, 1991.
13. Заходи захисту від іонізуючих випромінювань  
[https://stud.com.ua/33734/bzhd/zahodi\\_zahistu\\_ionizuyuchih\\_viprominyuvan](https://stud.com.ua/33734/bzhd/zahodi_zahistu_ionizuyuchih_viprominyuvan)
- 14.Іонізуючі Випромінювання :  
[https://pidruchniki.com/10981205/bzhd/ionizuyuchi\\_viprominyuvannya](https://pidruchniki.com/10981205/bzhd/ionizuyuchi_viprominyuvannya)
15. Радіаційна медицина (методичні рекомендації). Вінниця 2009  
<https://studfile.net/preview/5835403/>
16. Гряник Г.Н. Охрана труда и пожарная безопасность. – Киев: «Вища школа», 1981.
17. Духанин Д.Ф., Акулин Д.Ф. Техника безопасности и противопожар-ная техника в машиностроении. М.: Машиностроение, 1973.
18. Гайдамак К.М., Тыркин Б.А. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности, 1974
19. Никольский Б. П. - Справочник химика - том 4 – 1967
20. Будівництво в сейсмічних районах України ДБН в.1.1-12-201х
21. Маринченко В.О., Домарецький В.А. та ін. Технологія спирту
22. Спирт Технологический регламент. Киев 1987

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		