

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

**Кваліфікаційна робота магістра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Хімічна технологія та інженерія"**

Тема роботи: Установка брагоректифікаційна у виробництві
біоетанолу II покоління. Розробити та модернізувати бражну колону.

Виконав:
студент групи ХМ.м-01

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 с., 20 рис., 2 додатки, 24 джерел.

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

Тема проекту: «Установка брагоректифікаційна у виробництві біоетанолу II покоління. Розробити та модернізувати бражну колону.»

У роботі проведено літературний огляд за тематикою кваліфікаційної роботи. 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, Подано аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при експлуатації ”БРК”

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

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Літературний огляд за тематикою роботи	8
1.1 Особливості виробництва біоетанолу	8
1.2 Переваги біопалива другого покоління	13
1.3 Стандарти на суміші бензину з етанолом	14
1.4 Переваги біопалива другого покоління	15
Висновки до літературного огляду постановка задачі	16
2. Технологічна частина	17
2.1 Опис технологічної схеми виробництва	17
2.2 Теоретичні основи процесу	18
2.3 Опис конструкції проектного апарата	21
2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарата	24
2.5 Гідравлічні розрахунки	34
2.6 Вибір допоміжного обладнання	38
3. Проектно-конструкторська частина	43
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	43
3.2 Розрахунки на міцність та стійкість	45
4. Будівельно-монтажна частина	53
4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання	53
4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання	55

					XI.T.00.00.00. ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Шматенко.			Бражна колона Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провір.		Скиданенко					4	72
Реценз.						СумДУ, гр.ХМ.м-01		
Н. Контр.								
Утверд.								

5. Охорона праці та довкілля	62
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва	62
Висновки	65
Список літератури	67
Додаток А - Специфікації до креслень	
Додаток Б – Результати досліджень	
Додаток В - Апробація та впровадження	
Додаток Г – Розрахунок фланця	

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» освітньої програми «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів». є підсумкова залікова робота, спрямована 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 матеріалоемності 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

В умовах зростаючого попиту на енергоносії в усіх регіонах світу, стрімкого зростання парку автомобілів, посилення екологічних вимог все більша увага приділяється пошуку нових ефективних, екологічно чистих джерел енергії. Біопалива для транспорту, включаючи, насамперед етанол, біодизель, мають і потенціал для заміщення істотної кількості нафти. Очевидно, що серед значущих переваг біопалив це і підвищення енергетичної безпеки, зменшення викидів парникових газів і токсичних речовин, поліпшення експлуатаційних характеристик автомобілів, розвиток економіки, а в деяких випадках і захист екосистеми і т.д

Стратегію та перспективи розвитку виробництва біопалив, в тому числі біоетанолу окреслено в так званій технологічній дорожній карті (Technology Roadmap Biofuels for Transport), яку опубліковано в 2011 році Міжнародним агентством по енергетиці (International Energy Agency) [4]. Виробництво етанолу в якості добавки до бензину, відносно сировини, що використовується, а також відповідних технологій, історично поділяється на три покоління.

					XI.7.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Біопаливо першого покоління виробляється з продовольчих культур, що багаті цукром (цукровий буряк, цукрова тростина тощо) або крохмалем (кукурудза, пшениця). Біопаливо другого покоління (Second-generation biofuels, advanced biofuels) виготовляється з сировини, непридатної для харчового споживання або з лігноцелюлозної біомаси (lignocellulosic biomass), до якої відносяться побічні сільськогосподарські продукти (кукурудзяні стеблі, лушпиння, відходи лісного господарства, багатолітні трави (просо), муніципальні відходи тощо).

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Особливості виробництва біоетанолу [2]

Проблеми оздоровлення навколишнього середовища залишилися ще більшою мірою актуальними в 21 столітті в зв'язку зі значним зростанням числа автомобілів. Сьогодні в центрі уваги багатьох і державних та громадських організацій зниження токсичності автотранспорту залишається ключовим завданням. Тим більше що до сих пір і в перспективі зберігаються тенденції збільшення парку автомобілів. У світі вже більше 800 млн. Автомобілів, в США їх кількість наближається до 230 млн. Неважко спрогнозувати, що в перспективі Китай може стати і першою автомобільною державою в світі.

Біопалива першого покоління, що отримується при ферментації цукру або крохмалю і біодизель який отримується при трансестерифікації (утворення складних ефірів рослинних олій або тваринних жирів) сприймаються як перші кроки просування альтернативних палив: створення ринку, привернення уваги громадськості, аналіз комплексу питань пов'язаних зі стимулюванням науково-дослідних робіт, розвиток і впровадження інноваційних біотехнологій, створення відповідної інфраструктури зберігання, транспортування і розподілу біопалива, разом з тим, досягаючи важливої мети - зменшення викидів CO₂.

Проведені дослідження ще кілька років тому європейською комісією з енергетики показали, що більшість експертів і фахівців вважають, що в другому поколінні біопалив має ряд переваг в порівнянні з першим і очікують, що через 5-10 років почнеться їх активний етап комерціалізації.

Вони є кращими з точки зору балансу парникових газів. Целюлозний етанол може скоротити викиди CO₂ майже на 75% в порівнянні з бензином. Дизельне синтетичне паливо - біомаса в рідину зменшує емісію парникових газів на 90% в порівнянні з паливом з рослинних масел.

Біопалива другого покоління вимагають вже менше землі. Використовуючи сучасні біотехнології з одного гектара землі можна отримати в 2..3 рази більше біопалива

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

Відповідно до виду сировини розрізняють технології отримання біоетанолу із крохмале-, цукро- та целюлозовмісної сировини. Підготовка крохмалевмісної сировини (зерна) до переробки полягає в відділенні від зерна домішок органічного і мінерального походження, видаленні квіткових, плодових і частково насінних оболонок шляхом луцення зерна, та помолі зерна.

Для отримання етанолу другого покоління з лігноцелюлозної сировини на даний час використовуються декілька технологій, які можна поділити на дві основні групи – термохімічна конверсія та біохімічна конверсія (рис.1.3). Перша пов'язана з отриманням синтез газу з подальшою конверсією в біопаливо завдяки металокаталітичним або біокаталітичним методам і в даній статті не розглядатиметься.

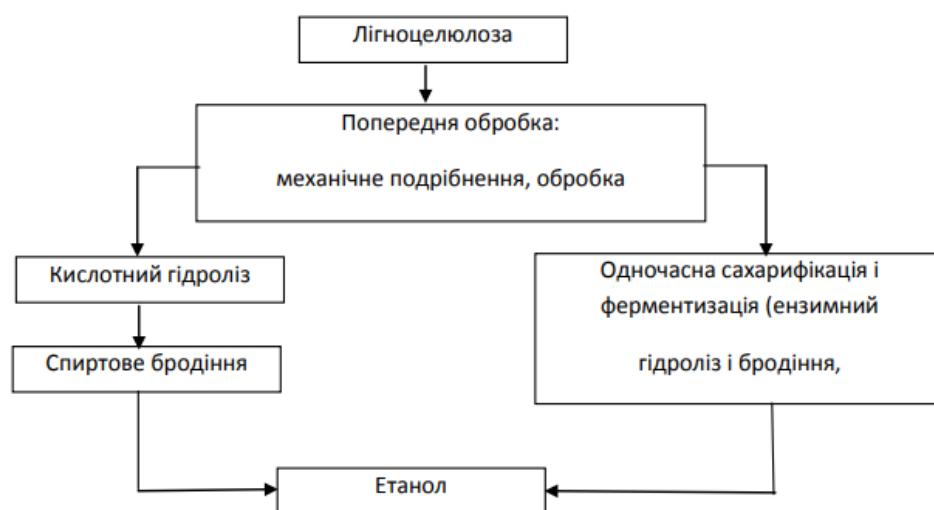


Рисунок 1.3 - Технологічні етапи перетворення лігноцелюлози в етанол

Процес отримання біоетанолу з лігноцелюлозної сировини в другій групі складається з трьох основних елементів – попередньої обробки, ферментативного гідролізу і ферментації. Етапи процесу також включають збір, обробку, відновлення та транспортування сировини, подрібнення сировини для отримання дрібних і однорідних часток, фракціонування полімерів, відділення лігніну и кінцеве відновлення продукту. Крім того, може проводитись знезараження і ферментація виділених на етапі попередньої обробки пентоз. Целюлоза піддається гідролізу для отримання гексоз, таких як глюкоза. Всі способи переробки сировини можна розділити на три групи: механічні (розмелювання), хімічні (конверсія), біологічні (біоконверсія).

В біотехнології, як правило, всі ці способи поєднуються. Процес попередньої обробки є основною складовою витрат у загальному процесі. Досить немає "найкращого" варіанту, тому дослідження та розробки продовжують вдосконалювати цільові показники та показники ефективності, хоча паровий вибух та обробка розведеними кислотними розчинами є, ймовірно, найближчими до комерціалізації [4]. Основними цілями процесу попередньої обробки є: - зменшення розмірів часток сировини; - розділення основних компонентів сировини (геміцелюлоза, целюлоза, крохмаль); - забезпечення кращого доступу гідролітичних ферментів (при ферментативному гідролізі) до поверхні матеріалу; - зменшення ступеню кристалічності целюлозної матриці.

Безпосередньо процес гідролізу, тобто конверсія целюлози в глюкозу, відбувається трьома основними методами:

- перколяційний гідроліз розбавленими кислотами (H_2SO_4 до 1%) під підвищеним тиском (1...1,2 МПа) та температурі ($\approx 200^\circ C$). Наразі цей метод в світі майже не використовується;
- гідроліз концентрованими кислотами (H_2SO_4 40...70%), при температурі (до $70^\circ C$) впродовж кількох годин;

- ферментативний гідроліз за температури ($\approx 50^\circ C$) протягом декількох днів [5]. Нинішня тенденція спрямована на ферментативний гідроліз, щоб уникнути дорогих процесів відновлення і очищення стічних вод в результаті використання кислоти. Ферментативний гідроліз є привабливим, оскільки він дає кращий вихід, ніж кислотний, в той час як виробники ферментів використовуючи біотехнологію, останнім часом значно скоротили витрати на їх виробництво.

1.2 Планування і обсяги виробництв паливного біоетанолу

Обсяги капітальних вкладень під час будівництва біоетанольного заводу багато в чому визначаються видом сировини, що планують переробляти. Вартість заводу становить від \$0,50 до \$1,00 за літр потужності за біоетанолом. Для країн-членів ЄС у короткостроковій перспективі інвестиції у виробництво етанолу з використання як сировини деревних матеріалів вимагатиме EUR350/кВт для підприємства. У віддаленій перспективі собівартість

					XI.7.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва впаде на 50 % для деревної і на 40 % для цукровмісної сировини, хоча ефективність виробництва в останньому випадку не зростає. Проте незалежно від обсягів вкладень єдиним способом отримати добре працюючий завод є ретельне й детальне планування ще допочатку його будівництва.

Виробництво паливного етанолу із зернових культур постійно зростає. У 2017 р. воно перевищило 47 млрд л, з яких 38 % припало на Бразилію і 36 % – на США.

Найбільшими виробниками біоетанолу в США є компанії Archer Daniels Midland і Cargill. За даними Асоціації поновлюваних видів палива (RFA), близько ста американських заводів із виробництва спирту виробляють більше 17 млрд л/рік. У RFA розраховують, що 18 додаткових заводів, споруджуваних у США, додадуть близько 3,4 млрд л до річного виробництва.

У країнах ЄС біоетанол виробляють близько 50 заводів проектною потужністю понад 5 млрд л на рік; усього в світі таких заводів 572, а їхня загальна потужність – 80,27 млн т/рік.

Виробництво біоетанолу в Україні організовано в 1998 р. на підприємствах державного концерну «Укрспирт». У 1998-2006 рр. ними було випущено близько 50 тис. т біоетанолу. Нині достовірні дані щодо обсягів виробництва спиртового палива в Україні відсутні.

1.3 Стандарти на суміші бензину з етанолом

Нині стандартизовано досить багато сумішей бензину з етанолом, які позначають літерою Е (від Ethanol – етанол) і числом, яке відображає масову частку спирту в відсотках. Серед таких сумішей найпоширенішими є:

– Е5, Е7, Е10 – суміші з невеликим умістом етанолу. Їх застосовують, переважно, для зменшення токсичності вихлопу, економії бензину шляхом його заміщення й заміни токсичного метил(трет)бутилового ефіру (МТБЕ), який донедавна використовували як основну кисневу антидетонаційну добавку. При цьому найбільшого поширення набула суміш Е10 (газохол), яку використовують у

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

США, Данії, Таїланді тощо. Нині до 10 % етанолу містить майже третина палива, що реалізують у США;

– E20, E25 – суміші, що пропонують виключно бразильські автозаправні станції (оскільки етанол у цій країні є набагато дешевшим, ніж нафтопродукти, його вміст у паливі E20 нерідко сягає 40 %);

– E85 – стандартне паливо для автомобілів із двигунами у виконанні FFV, поширених, переважно, у США й Бразилії.

Так, на початку 2007 р. двигуни у виконанні FFV мали 15 % бразильських автомобілів. До 2015 р. їхня частка сягнула 70 %. У 2007 р. тут було продано 2 млн біопаливних автомобілів (86 % ринку нових автомобілів), тоді як у 2003 р. – лише 48 тис. (4 %).

Оскільки етанол є менш енергоємним джерелом, ніж бензин, пробіг машин, що працюють на E85, на одиницю об'єму палива становить приблизно 75...80 % пробігу бензинових автомобілів. У зв'язку з цим E85 коштує на 10...15 % дешевше, ніж преміальний бензин. Окрім Бразилії й США, паливо E85 досить активно застосовують у Швеції;

– E95 – суміш 95 % етанолу й 5 % паливної присадки, розроблювана компанією Scania з 1980-х для автобусів із дизельними двигунами в межах програми BEST (BioEthanol for Sustainable Transport);

– E100 (асоол). Через високу гігроскопічність етилового спирту під паливом із позначенням E100, зазвичай, розуміють не чистий етанол, а його азеотропну суміш (96 % C₂H₅OH + 4 % води).

В Україні національні стандарти на біоетанол відсутні. Діє лише декілька технічних умов, згідно з якими ряд підприємств, зокрема заводи концерну «Укрспирт», випускають невеликі партії спиртових сумішей, які за більшістю параметрів відповідають паливу E85. До них належать ТУ У 24.6-33616799-01:2006 «Паливо моторне БІО-100» а також ТУ У 24.6-32962829-001:2007 «Паливо автомобільне А-98 БІО».

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Переваги біопалива другого покоління

Переваги біопалива другого покоління:

- синтетичне біопаливо може безпосередньо подаватися в інфраструктуру існуючих розподільних систем постачання автотранспорту паливом;
- є поновлюваним паливом;
- практично не містить CO₂, сірки і ароматичних вуглеводнів, тому навіть в довго експлуатувалися моторах не утворює відкладень;
- в порівнянні з викопними енергоносіями у нього на 30-50% менше викидів в атмосферу;
- більш високий потенціал, ніж у сонячної і вітрової енергії, так як рослини «завжди під рукою»;
- придатне для далеких перевезень і зберігання і може проводитися прямо на місці;
- для нього характерна висока щільність енергії (40 МДж-літр), і воно порівнянне за якістю з синтетичним паливом з газу;

Звичайно, основним його перевагою на сучасному етапі є те, що біопаливо другого покоління виробляється з нехарчових продуктів, отже, не впливає на продовольчий ринок.

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

Висновки до літературного огляду

Безсумнівно, біоетанол має цілу низку переваг порівняно з традиційними видами палива, як екологічних, так і експлуатаційних.

Однак технологічний процес виробництва біоетанолу має значні енергозатрати, що в свою чергу збільшує вартість продукції. За допомогою статичних та динамічних моделювань хіміко-технологічних процесів, які реалізовані у програмному комплексі ChemCAD можливо оптимізувати параметри процесів, що в них протікають [15].

Тому метою роботи є дослідження різних технологічних режимів на брагаректіфікаційній ділянці виробництва паливного етанолу з лігноцелюлозних біомас, аналізуючи енерговитрати і якість одержуваного продукту.

З практичної точки зору це дозволить виявити технологічний режим роботи установки з найменшими енергозатратами, та засотосувати запропановану модель досліджень при подальших модернізаціях установки.

Метою роботи є дослідження технологічних режимів брагаректіфікаційної установки виробництва паливного етанолу з лігноцелюлозних біомаси з метою зниження енерговитрат, але при цьому не знижуючи продуктивність установки та якість отриманого продукту повинна задовольняти міжнародним вимогам.

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

2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

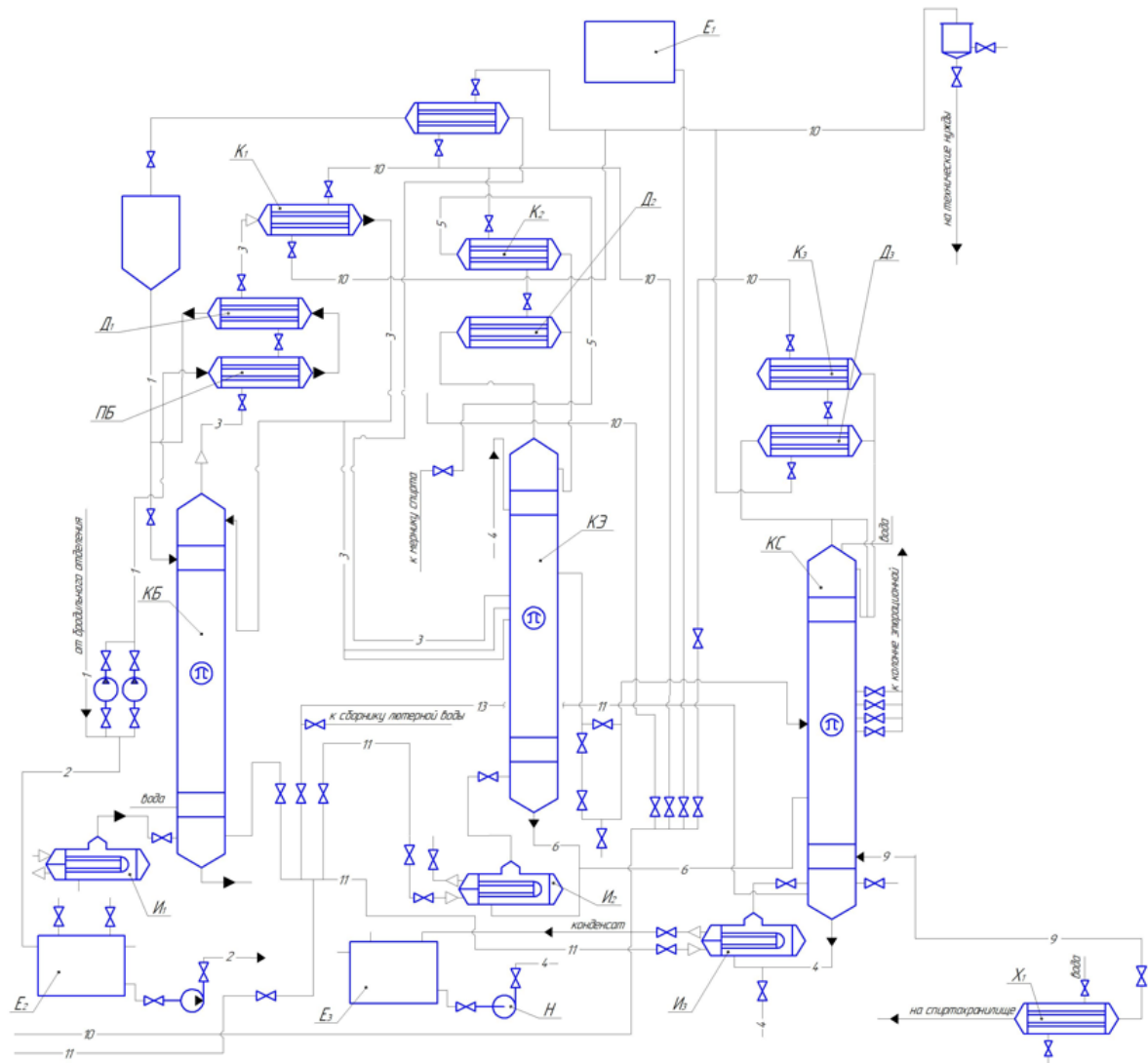


Рис. 2.1 - Схема ділянки виготовлення біоетанолу з отриманням етанолу з браги:

Зрілу бражку з температурою 22 0С з бродильного відділення (потік 1) подають в підігрівач, (2) в якому її підігрівують до температури 75-80 0С (потік 2) і надходить в бражної колону (1) на 14 тарілку. Конденсат бражних парів при міцності 60%. Спиртові пари надходять в конденсатор, де конденсуються на 2-3%. Конденсат - бражного дистилята з підігрівачів і конденсаторів збирають в колектор і подають на поживну (12-ю) тарілку епюраційної колони. Частина сконденсованого бражного дистиляту повертають в бражної колону у вигляді флегми на першу тарілку де відбувається зрошення, після виділення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XI.T.00.00.00 ПЗ

Арк.

17

з неї спирту і летких домішок виводять барду для подальшої переробки або реалізації. У епюраційній колоні пари піднімаються вгору по колоні в конденсатор (потік 12) після чого потрапляє в сепаратор де велика частина парів потрапляє в дефлегматор, повертається в колону у вигляді флегми. Пари які надійшли в кондиціонер, конденсуються в ньому і

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 міцність спирту складає 50%. Лютерную воду відводять з виварної камери колони гідровідвідник (потік 19). З ректифікаційної колони спиртової пар направляють в дефлегматор для конденсації і утворену при конденсації флегму повертають на верхню тарілку колони. Після конденсації на виході ми отримуємо високосконцентрованій спирт з міцністю 95%

2.2 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

					XI.7.00.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

збагачується ім. Одночасно рідка фаза збагачується висококиплячих компонентах ВКК. При конденсації пари фази утворюється розчин нового складу з більш високим вмістом

НКК в порівнянні з вихідним розчином. Якщо процес випаровування рідини і конденсації пари проводиться одноразово, то реалізується процес перегонки –

дистиляції вихідної суміші, якщо процеси випаровування і конденсації повторюються в одному апараті багаторазово, то такий процес багатоступеневої перегонки називають ректифікацією.

Здійснюючи на тарілках багатоступінчастий тепло- і масообмінних протиточний контакт між парами, що піднімаються знизу вгору по колоні, і стікає зверху вниз рідиною, реалізують процес поділу вихідної суміші на окремі практично чисті компоненти або фракції з близькими температурами кипіння компонентів

В результаті поділу вихідного розчину з верхньої частини колони відводять пари, після конденсації яких отримують дистилят, що складається з НКК з невеликою домішкою іншого компонента. З нижньої частини колони відводять кубовий залишок, що складається з ВКК з домішкою НКК

Спосіб контактування потоків може бути ступінчастим (в тарілчастих колонах) або безперервний (в насадок колонах).

Призначення контактних пристроїв (тарілок, насадки) складається в створенні умов, які сприяють максимальному наближенню парового і рідинного потоків. Щоб ці потоки могли обмінюватися речовиною і енергією, вони повинні бути нерівноважні один одному. При контактуванні парового і рідинного потоків в результаті масо-і теплообміну величина неравновесности зменшується, потім потоки відокремлюються один від іншого, і процес триває шляхом нового контактування цих фаз вже на іншій суміжній ступені, з іншими рідкими і паровими потоками. В результаті багаторазово повторюваного на

					XI.7.00.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовних тарілках (щаблях) контактування рухомих в противотоке по висоті колони рідини і пара складу взаємодіючих фаз істотно

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

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

2.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

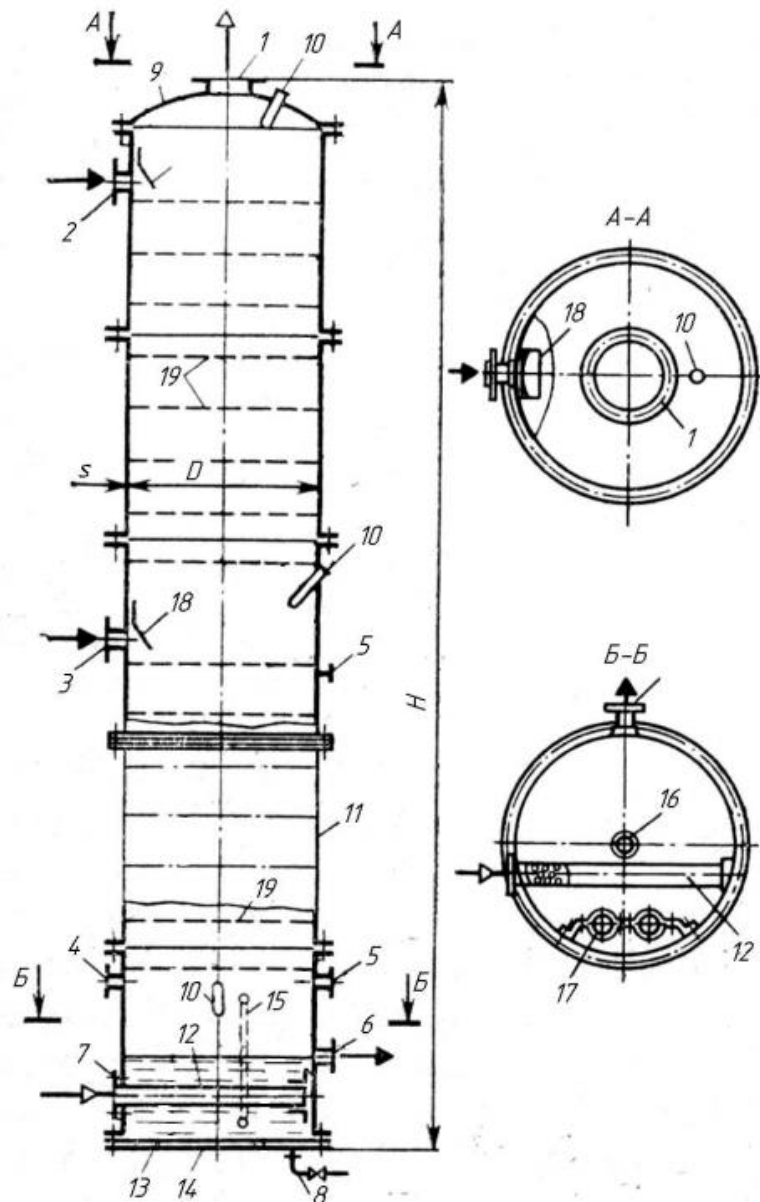


Рис. 2.2 – Конструктивна схема бражної колони з ковпачковими тарілками:
 1 – штуцер відведення пари; 2 - штуцер введення флегми; 3 – штуцер введення харчування; 4 - штуцер до вакуумпреривателю; 5 - штуцер до пробного холодильника; 6 – штуцер відведення залишку; 7 – штуцер введення пара; 8 – штуцер дренажний; 9 - кришка; 10 - гільзи для термометрів; 11 - царга; 12 - барботер; 13 - днище захисне; 14 - днище основне; 15 - показчик рівня; 16 - опорна стійка; 17 - переливний стакан; 18 - відбійний щиток; 19 - тарілка.

Бражна колона служить для відділення летючої частини бражки від нелетучей. Розробляється бражня колона призначена для поділу бражки на спирт-сирець і барду. Брага, звільнена від летючої частини, виводиться з

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

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 проєктованого 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 легколетучими 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 бражки в зміцнюючу частину колони,

					XI.7.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

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 частини колони через барботер. У кубової частини колони є патрубки для підключення пристрою регулювання рівня рідини.

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						23
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарата

Складемо рівняння теплового балансу бражної колони:

$$Q_{\text{б}} + Q_{\text{дол}} = Q_{\text{д}} + Q_{\text{R}} + Q_{\text{пот}}, \quad (2.1)$$

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

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

$Q_{\text{д}}$ - тепло, яке виноситься дистилятом; кВт

Q_{R} - тепло, яке виноситься залишком; кВт

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

Прихід тепла з бардою визначимо по формулі:

$$Q_{\text{б}} = \frac{G_{\text{бр}} \cdot c_{\text{бр}} \cdot t_{\text{бр}}}{86400} = \frac{2021760 \cdot 3.85 \cdot 85}{86400} = 7657.65 \text{ кВт}, \quad (2.2)$$

Де: $c_{\text{бр}} = 3.85$ кДж/(кг·к) - теплоємність бражки.

Витрата тепла з парами бражного дистиляту визначимо по формулі:

$$Q_{\text{д}} = \frac{G_{\text{д}} \cdot I_{\text{д}}}{86400} = \frac{445321 \cdot 1964.47}{86400} = 10125 \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

Де: $I_{\text{д}} = 1964.47$ кДж/кг - ентальпія пар бражного дистиляту.

Витрата тепла з бардою складе:

$$Q_{\text{R}} = \frac{B \cdot t_{\text{R}} \cdot c_{\text{R}}}{86400} = \frac{1576439 \cdot 100 \cdot 4.06}{86400} = 7407.8 \text{ кВт}, \quad (2.4)$$

Де: $t_{\text{r}} = 100$ °С - температура барди, [22]

$c_{\text{R}} = 4.06$ кВт/(кг·К) - теплоємність барди.

Визначимо величину втрат тепла в навколишнє середовище:

$$Q_{\text{пот}} = (Q_{\text{б}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{R}}) \cdot 0.03 = (7657.65 + 10125 + 7407) \cdot 0.03 = 755.63 \text{ кВт} \quad (2.4a)$$

З рівняння теплового балансу визначимо кількість теплоти з граючою парою :

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{д}} + Q_{\text{R}} + Q_{\text{пот}} - Q_{\text{б}} = 10125 + 755.63 + 7407 - 7657.65 = 10629 \text{ кВт} \quad (2.5)$$

Температура конденсату пари, що гріє, визначимо по формулі: [21]

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t=t-2\text{ }^{\circ}\text{C}=133,8-2=131,8\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Витрата гріючої пари визначимо по формулі:

$$P = \frac{Q_n}{I_n - c_k \cdot t_k}; \text{ кг/с} \quad (2.6)$$

де: $I=2725,5$ кДж/кг - ентальпія пари, що гріє;

$C_k=4,19$ кДж/(кг·К) - теплоємність конденсату;

$$P = \frac{10629}{2725,5 - 4,19 \cdot 133,8} = 4,89 \text{ кг/с}.$$

Мольну частку спирту в бражці й у бражному дистиляті визначимо по формулі:

$$X = \frac{X_M / M_1}{\frac{X_M}{M_1} + \frac{100 - X_M}{M_2}}; \quad (2.7)$$

Де: $M_1=46$ - молекулярна маса спирту;

$M_2=18$ - молекулярна маса води.

Таким чином, молева частка спирту в бражці складе:

$$X_{бр} = \frac{15/46}{\frac{15}{46} + \frac{100-15}{18}} = 0,064\% \text{ мол}$$

При цьому в бражному дистиляті молева частка спирту складе:

$$X_d = \frac{68,1/46}{\frac{68,1}{46} + \frac{100-68,1}{18}} = 0,45\% \text{ мол}.$$

Молевоє зміст спирту в бардові складе:

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

Де: $X=0,01\%$ мас. - зміст 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: $X_d=0,45$ - молева частка спирту в дистиляті;

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

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$X = \frac{1}{7.03} \cdot y + \frac{7.03-1}{7.03+1} \cdot 0.00004 = 0,1422y + 0,00003$$

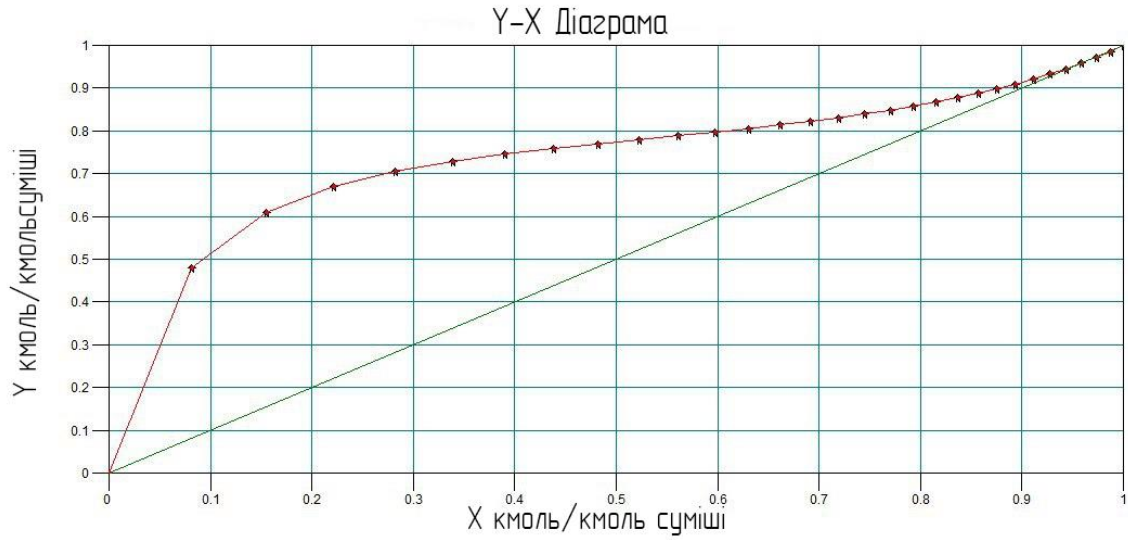


Рис 2.3 - діаграми рівноваги для системи етиловий спирт - вода і робочих ліній процесу

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 2.4 – Розрахунок значень Y, X за допомогою програмного забезпечення CHEMSCAD

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:

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

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення флегмового числа і побудова робочих ліній для верхньої і нижньої частин колони. Для подальших розрахунків необхідно концентрації вихідної суміші, дистилляту і кубового залишку висловити в мольних частках. Концентрація спирту в зрілої бражці x_f^f , кмоль / кмоль суміші:

$$x_f = \frac{\frac{x_f}{M_{з.сп}}}{\frac{x_f}{M_{з.сп}} + \frac{(1-x_f)}{M_B}} \quad (2.13)$$

$$x_f = \frac{\frac{0.15}{46}}{\frac{0.15}{46} + \frac{1-0.15}{18}} = 0.064 \text{ кмоль / кмоль суміші}$$

де, $M_{з.сп.}$ - молярна маса етилового спирту, кг / кмоль;

M_B - молярна маса води, кг / кмоль.

Концентрація спирту в бражній дистилляте x_d , кмоль / кмоль суміші

$$x_d = \frac{\frac{x_d}{M_{з.сп}}}{\frac{x_d}{M_{з.сп}} + \frac{(1-x_d)}{M_B}} \quad (2.14)$$

$$x_d = \frac{\frac{0.6}{46}}{\frac{0.6}{46} + \frac{1-0.6}{18}} = 0.370 \text{ кмоль / кмоль суміші}$$

Концентрація спирту в барде x_w , кмоль / кмоль суміші:

$$x_w = \frac{\frac{x_w}{M_{з.сп}}}{\frac{x_w}{M_{з.сп}} + \frac{(1-x_w)}{M_B}} \quad (2.15)$$

$$x_w = \frac{\frac{0.0001}{46}}{\frac{0.0001}{46} + \frac{1-0.0001}{18}} = 0.00004 \text{ кмоль / кмоль суміші}$$

Навантаження ректифікаційної колони по пару і рідини визначаються робочим флегмового числом R :

$$R = \beta R_{\min} = (1,1 \dots 2,5) * 0,7 = 0,77 - 1,75 \quad (2.16)$$

де β - коефіцієнт надлишку флегми (в ректифікаційних колонах зазвичай приймається $\beta = 1,1 \dots 2,5$); [19]

R_{\min} - мінімальне флегмове число.

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_f}{y_f - x_f} = \frac{0.37 - 0.243}{0.243 - 0.064} = 0.7 \quad (2.17)$$

Де, y_f - вміст НКК в паровій фазі, що знаходиться в рівновазі з вихідною сумішшю, кмоль / кмоль суміші. Для $x_f = 0,064$ кмоль / кмоль суміші, $y_f = 0,243$ кмоль / кмоль суміші [2].

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З рівняння матеріального балансу при відомому флегмовому числі, відносні молярні витрати:

$$F+V=1+W, \quad (2.18)$$

$$F=G_f/G_d, \quad (2.19)$$

$$V=G_v/G_d, \quad (2.20)$$

$$W=G_w/G_d. \quad (2.21)$$

Число живлення F:

$$F = \frac{x_d - R x_w}{x_f - x_w} = \frac{0.37 + 1.26 \cdot 0.00004}{0.064 - 0.00004} = 5.78 \quad (2.22)$$

Кубове число W

$$W = \frac{x_d - R x_f}{x_f - x_w} = \frac{0.37 + 1.26 \cdot 0.064}{0.064 - 0.00004} = 7.04 \quad (2.23)$$

Парове число V:

$$V = R + 1 = 1.239 + 1 = 2.239. \quad (2.24)$$

Рівняння робочих ліній процесу для верхньої і нижньої частин бражної колони:

- верхня:

$$Y = \frac{R}{R+1} x + \frac{x_d}{R+1} \quad (2.25)$$

$$Y = \frac{1.26}{1.26+1} x + \frac{0.37}{1.26+1} = 0.55x + 0.16$$

- нижня:

$$Y = \frac{R+F}{R+1} x + \frac{R+F}{R+1} x_w \quad (2.26)$$

$$Y = \frac{1.26 + 5.78}{1.26 + 1} x + \frac{0.37 + 5.78}{1.26 + 1} \cdot 0.00004 = 2.72x + 0.0001$$

$$Y = \frac{R}{R+1} x_f + \frac{x_d}{R+1} \quad (2.27)$$

$$Y_f = \frac{1.26}{1.26 + 1} \cdot 0.064 + \frac{0.37}{1.26 + 1} = 0.199$$

$$Y = \frac{R+F}{R+1} x_f + \frac{F-1}{R+1} x_w \quad (2.28)$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Y_f'' = \frac{1.26 + 5.78}{1.26 + 1} * 0.064 - \frac{5.78 - 1}{1.26 + 1} * 0.00004$$

$$= 0.199$$

Рівність значень Y_f' і Y_f'' свідчить про відсутність помилок у виконаних розрахунках.

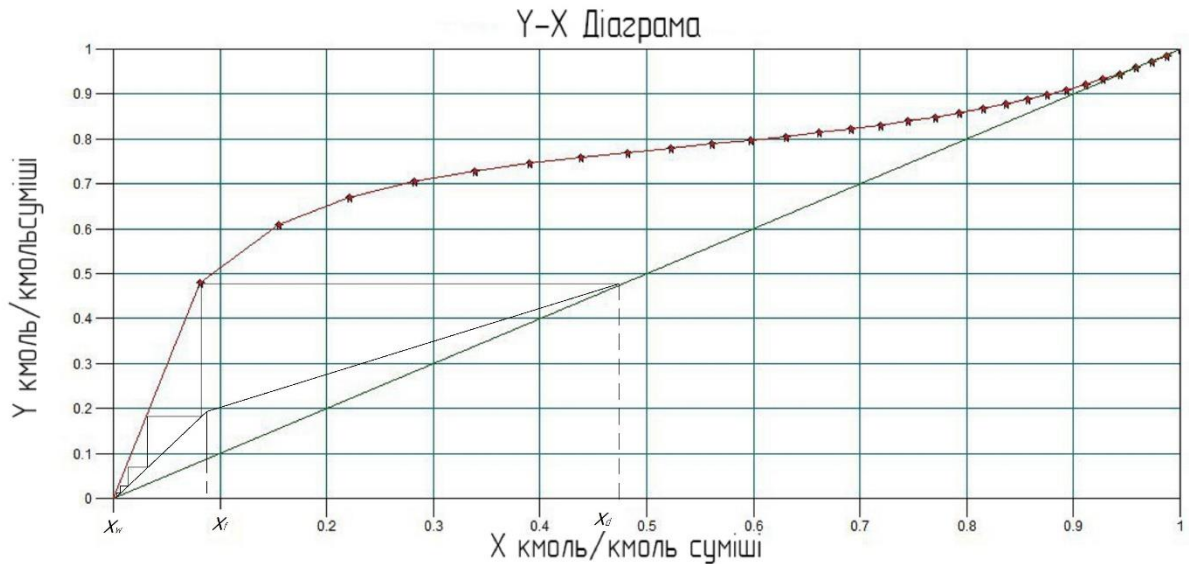


Рис 2.5-Визначення кількості теоретичних тарілок

Технологічні розрахунки

Теплоємність бражки й барди визначимо по формулі:

$$C_M = (1,02 - 0,0095 \cdot V) \cdot 4,187 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}), \quad (2.29)$$

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:

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

$$G = \frac{П \cdot 10 \cdot \rho_{СП}}{24 \cdot 3600} \quad (2.30)$$

Де: $П=50000$ т/рік продуктивність

$$50000/365 = 136 \text{ т/добу}$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 тонна = 283 дал

$\Pi = 136 \cdot 283 = 38450$ дал/добу

$\rho = 0,789$ 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:

$$G_{\text{бр}} = \frac{G \cdot 86400 \cdot 100}{a} = \frac{3.51 \cdot 86400 \cdot 100}{15} = 2021760 \text{ кг/доб.} = 23.4 \text{ кг/с} \quad (2.31)$$

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

$$M = \frac{100+B}{100} G_{\text{бр}} = \frac{100+10}{100} \cdot 2021760 = 2223936 \text{ кг/доб.} \quad (2.32)$$

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

Температура кипіння бражки при вмісті спирту в ній 15% мас рівна 92 °С.[22]

Визначимо кількість тепла необхідне для доведення бражки до кипіння по формулі:

$$Q_1 = \frac{M(t_6 - t_5)c_m}{86400} = \frac{2223936(92-85)3.85}{86400} = 693,65 \text{ Квт.}, \quad (2.33)$$

Де: $t_6 = 92$ °С - температура кипіння бражки зі вмістом спирту 15% мас.

$t_5 = 85$ °С - температура бражки на вході в бражну колону.[22]

Наслідком нагрівання бражки до температури кипіння концентрація спирту на живильній тарілці складе $16,5\%$ мас., тому в паровому потоці, який надходить у підігрівник бражки, концентрація спирту становить $68,1\%$ мас.

Тому кількість водно-спиртових пар, що надходять у підігрівник бражки становить:

$$A = \frac{G \cdot 100 \cdot 86400}{68.1} = \frac{3.51 \cdot 100 \cdot 86400}{68.1} = 445321 \text{ кг/доб.} \quad (2.34)$$

З урахуванням втрат спирту в бражній колоні $0,5\%$ мас визначимо витрата бражного дистилляту по формулі:

$$G_d = \frac{A}{86400} - \frac{G \cdot 0,5}{100} = \frac{445321}{86400} - 3.51 \frac{0.68}{100} = 5.13 \text{ кг/с} \quad (2.35)$$

Складаємо матеріальний баланс бражної колони, який наведений у табл.2.1

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1-Матеріальний баланс бражної колони

Продукт	Кількість, кг/доба
ПРИХІД	
Бражка	2021760
ВИТРАТА	
Пари бражного дистиляту	445321
Барда	1576439

де: Б- Витрата барди, отриманої в колоні в добу.

Таким чином:

$$B = G_{\text{бр}} - G = 2021760 - 445321 = 1576439 \text{ кг/сутки.} \quad (2.36)$$

Конструктивні розрахунки

Число теоретичних тарілок визначимо по формулі:

$$n' = \frac{\lg\left[1 + \frac{X_n}{X_R} \left(\frac{K \cdot G}{L} - 1\right)\right]}{\lg \frac{K \cdot G}{L}} - 1; \quad (2.37)$$

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]

$$n' = \frac{\lg\left[1 + \frac{0.2}{0.00004} \left(\frac{13 \cdot 23.4}{23.62} - 1\right)\right]}{\lg \frac{13 \cdot 23.4}{23.62}} - 1 = 3.3 \quad (2.38)$$

Середню мольну концентрацію легколетучого компонента в колоні визначимо по формулі:

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_{\text{бр}} + X_R}{2} = \frac{0.064 + 0.0004}{2} = 0,0332 \quad (2.39)$$

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

$X_R = 0,0004$ -молекулярна частка спирту в залишку.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з рівняння робочої лінії колони 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°C.

При цьому середня щільність пар у колоні складе:

$$\rho_{cp} = \frac{M_{cp} \cdot 273}{22.4 \cdot (273 + t_{cp})} = \frac{21.67 \cdot 273}{22.4(273 + 86.34)} = 0,73 \text{ кг/м}^3, \quad (2.40)$$

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

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

Дійсне число тарілок визначимо по формулі:

$$N = \frac{n + n'}{\eta} \text{ шт} \quad (2.41)$$

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

Таким чином

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

Приймаємо $N_d = 20$ тарілок.

Висоту тарілчастої частини колони визначимо з рівняння

$$H_T = (N_d - 1) h_{MT}; \quad (2.42)$$

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

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

З тим що брага яка подається в колону єсть очень пеноутрительной [3] по этому принимаем скорость паров не больше $\omega_n = 0,5$ м/с. [21]

Необхідний діаметр колони визначимо з рівняння безперервності парового потоку:

						XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
							33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

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

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:

$$d_{\text{п}} = \sqrt{\frac{V_{\text{сек}}}{0,785 \cdot \omega}} \quad (2.43)$$

Де: $V_{\text{сек}}$ - секундна витрата рідини або пари, м³/з;

ω - 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.

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:

$$d_1 = \sqrt{\frac{P \cdot 4}{\rho_1 \cdot \pi \cdot V_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,63}{3,14 \cdot 1,62 \cdot 20}} = 0,16 \text{ м.} \quad (2.44)$$

Приймаємо $d_1 = 200$ мм.

Де: $\rho_1 = 1,62$ кг/м³ - щільність пари, що гріє;

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

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

2.5 Гідравлічні розрахунки

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

Розрахунок ковпачкової тарілки

Робоча площа тарілки F_p , m^2

$$F_p = V_{\Pi}^B / w_p^B = 3.25 / 1.66 = 1.95 \text{ m}^2 \quad (2.45)$$

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, $F_{зл} = 0,404$ m^2 ; 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].

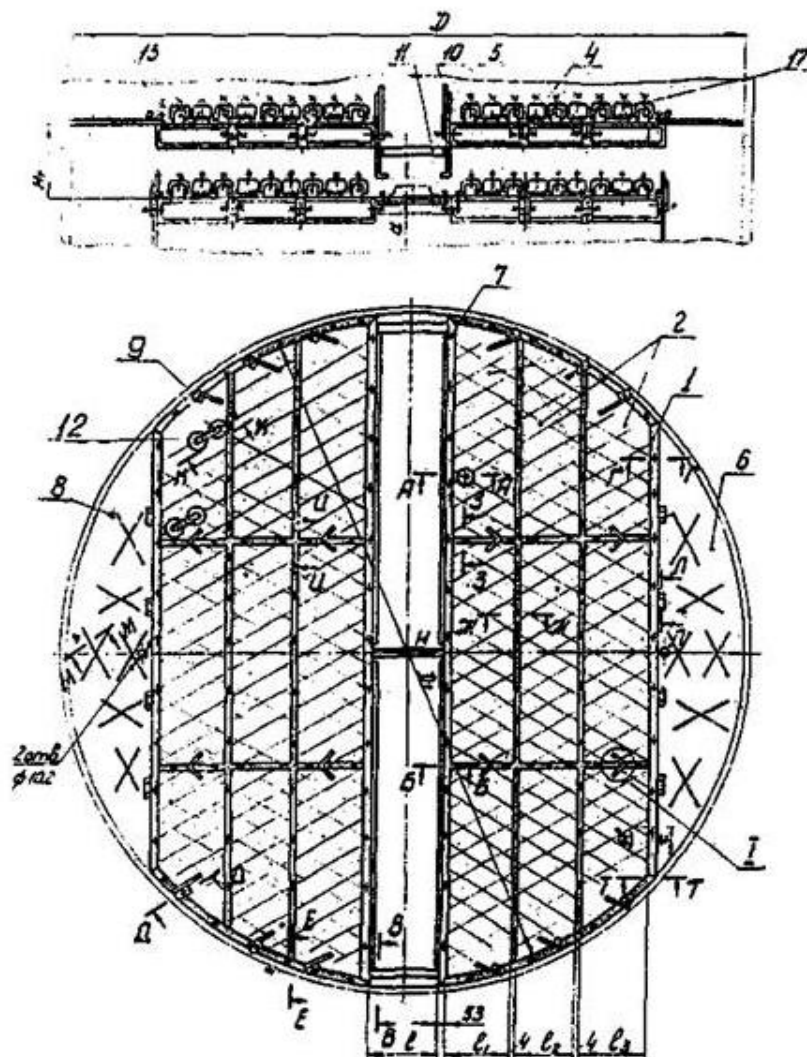


Рис 2.6 – Ковпачкова тарілка

										XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
											35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Висоту підпору рідини під зливним порогом за рівнянням [6, 8.6] розрахуємо попередньо без урахування упору рідини. тоді

$$G_{\text{ж}} = \frac{L_{\text{н}}}{\rho_{\text{н}}}; \quad (2.46)$$

$$G_{\text{ж}} = \frac{3.55}{960} = 0,0036 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$h_{\text{сл}} = 0,68 \cdot \left(\frac{G_{\text{ж}}}{\Pi} \right)^{0,67} \quad (2.47)$$

$$h_{\text{сл}} = 0,68 \cdot \left(\frac{0,0036}{1.45} \right)^{0,67} = 0,012 \text{ м.}$$

Для визначення висоти зливного порога розрахуємо за рівнянням [6, 8.11] висоту прорізів в ковпачках.

Приймаємо ковпачок з прямокутними прорізами шириною $b = 4$ мм. Кількість прорізів в одному ковпачку $Z_{\text{п}} = 20$. Загальна кількість ковпачків на тарілці $m = 88$.

При цих даних по [6, 8.11] отримаємо

$$h_{\text{пр}} = 0,46 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{V_{\text{п}}}{m \cdot Z \cdot b} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}}}, \quad (2.48)$$

$$h_{\text{пр}} = 0,46 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{0.21}{88 \cdot 20 \cdot 0.004} \right)^2 \cdot \frac{719}{960 - 719}} = 0,063 \text{ м.}$$

Приймаємо по таблиці 8.4 [3] висоту прорізу $h_{\text{пр}} = 80$ мм.

В цьому випадку пар буде проходити через повністю відкриті прорізи і частково через нижню кромку ковпачка. Для забезпечення цього приймемо висоту установки ковпачка $H_{\text{у}} = 5$ мм.

Глибина барботажа при робочому тиску складе

$$h_{\text{г}} = \left(\frac{0,7}{\rho_{\text{ж}}} \right) \cdot p^{0,35}, \quad (2.49)$$

$$h_{\text{г}} = \left(\frac{0,7}{960} \right) \cdot 98100^{0,35} = 0,04 \text{ м.}$$

Висота зливного порога (3, 8.8)

$$h_{\text{пор}} = h_{\text{г}} - h_{\text{сл}} + h_{\text{пр}} + h_{\text{у}}, \quad (2.50)$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{\text{пор}} = 40 - 12 + 63 + 5 = 96 \text{ мм.}$$

Висота піни, що утворюється на тарілці

$$h_{\text{пш}} = \frac{k_2}{\sigma^{0,33}} \cdot (k_3 \cdot \omega^2 \cdot \rho_{\text{п}} + k_4 \cdot h_{\text{сл}} + h_{\text{пор}}), \quad (2.51)$$

$$h_{\text{пш}} = \frac{0,23}{(19,6 \cdot 10^{-3})^{0,33}} \cdot (4,4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,965^2 \cdot 1,71 + 4,6 \cdot 0,019 + 0,059) = 0,182 \text{ м,}$$

де значення коефіцієнтів k_1, k_2, k_3, k_4 , а також показника ступеня n_1 обрані по табл. 8.3 [3].

Величина відносного виносу рідини відповідно д [3]

$$y = \frac{k_1}{\sigma} \cdot \left(\frac{\omega}{H_T - h_{\text{пш}}} \right)^{1,16}, \quad (2.52)$$

$$y = \frac{23 \cdot 10^{-5}}{19,6 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{0,965}{0,5 - 0,182} \right)^{1,16} = 0,066 < 0,296$$

де значення комплексу

$$\frac{L_{\text{п}}}{G_D} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}}}, \quad (2.53)$$

$$\frac{2,66}{0,35} \cdot \sqrt{\frac{2,01}{927}} = 0,296.$$

Отже, відстань між тарілками вибрано правильно.

Дійсну навантаження зливного пристрою по рідини розраховуємо за рівнянням 8.7 [3]

$$V_{\text{жд}} = G_{\text{ж}} + \frac{V_{\text{п}} \cdot Y}{\rho_{\text{ж}}}, \quad (2.54)$$

$$V_{\text{жд}} = 0,0029 + \frac{0,867 \cdot 0,066}{927} = 0,00297 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Дійсна величина підпору рідини над зливним порогом

$$h_{\text{сл}} = 0,68 \cdot \left(\frac{V_{\text{жд}}}{\Pi} \right)^{0,67}, \quad (2.55)$$

$$h_{\text{сл}} = 0,68 \cdot \left(\frac{0,00297}{0,665} \right)^{0,67} = 0,019 \text{ м.}$$

Опір сухий тарілки

$$\Delta \rho_{\text{сух}} = \zeta_c \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \frac{\omega_0^2}{2}, \quad (2.56)$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta\rho_{\text{сух}} = 3,25 \cdot 2,01 \cdot \frac{9,63^2}{2} = 198\text{Па},$$

де швидкість пара в парових патрубках дорівнює

$$\omega_0 = \frac{V_{\text{п}}}{F_0}, \quad (2.57)$$

$$\omega_0 = \frac{0,867}{0,09} = 9,63\text{м/с}.$$

Коефіцієнт опору для ковпачка діаметром $D_{\text{кл}} = 100$ мм складе

$$\zeta = 1,73 \cdot D_{\text{кл}}^{-0,25}, \quad (2.58)$$

$$\zeta = 1,73 \cdot 0,08^{-0,25} = 3,25.$$

Величина перепаду рівня рідини на тарілці

$$\Delta h = 0,1 \cdot \lambda_3 \cdot \frac{l_{\text{ж}} \cdot V_{\text{ж}}^2}{\Pi^2 \cdot (h_{\text{пор}} + h_{\text{сл}})^3 \cdot g}, \quad (2.59)$$

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

Опір шару рідини на тарілці

$$\Delta p_{\text{ж}} = \left(h_{\text{г}} + \frac{h_{\text{пор}} + \Delta h}{2} \right) \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g, \quad (2.60)$$

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

Загальний опір тарілки

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

опір колони

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

2.6 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

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 ефективно. Більш ефективно працюють поверхневі відбійники, в яких на шляху пара поміщають насадку з розвиненою поверхнею, утвореної з кілець Рашига, плоских або профільованих смуг (рис. 2.4). При проходженні пара через насадку краплі і піна потрапляють на поверхню насадки і стікають з неї. Найбільш простий пристрій має відбійник з горизонтального шару насадки, проте він працює задовільно тільки при малих швидкостях пара і може бути застосований в колонах зі швидкістю пара до 1 м/с. При великих швидкостях пара (до 2 ... 2,5 м /с) необхідно конструювати відбійник так, щоб кут між напрямком потоку пара і рідини в ісці їх поділу був не менше 90 °, інакше можливе захоплення рідини йде з сепаратора паром. Поверхня відбійною насадки можна брати з розрахунку 0,8 ... 1,25 м² на 100 м³ пари на годину. Відбійні пристрої доцільно встановлювати всередині колони

						XI.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
							39
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

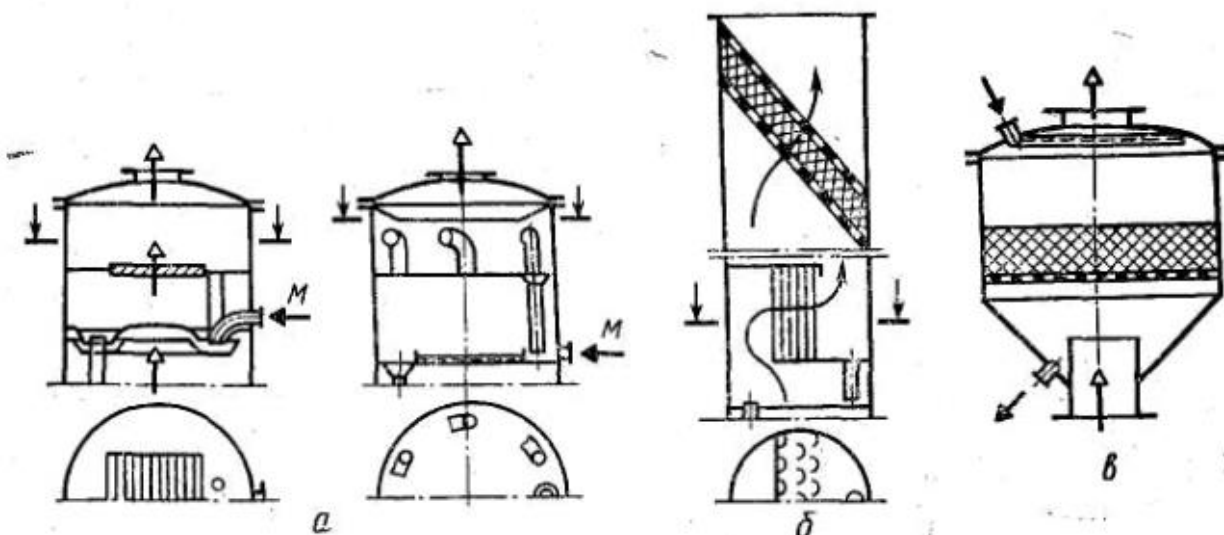


Рис 2.7 - Типи відбійних пристроїв: а, б - вбудовані, в - виносні.

Виносні вихрові “пеноловушку” забезпечують високу сепараційні здатність при невеликій гідравлічному опорі (10 ... 20 см вод. ст.). Ефективно працюють пастки, влаштовані за типом циклонів.

Геометричні розміри вихровий пеноловушки (відповідно до рис. 2.4-2.5):

$$D_1 = (0,3 \dots 0,33) * D = (0,3 \dots 0,33) * 2000 = 600 \text{ мм}, \quad (2.61)$$

де D - діаметр колони, мм.

$$d = 3 * D_1 = 3 * 600 = 1800 \text{ мм}, \quad (2.62)$$

$$h_1 = 0,75 * D_1 = 0,75 * 600 = 450 \text{ мм}, \quad (2.63)$$

$$h_2 = 1,5 * D_1 = 1,5 * 600 = 900 \text{ мм}, \quad (2.64)$$

$$h_3 = 2 * D_1 = 2 * 600 = 1200 \text{ мм}, \quad (2.65)$$

$$h_4 = 1,25 * D_1 = 1,25 * 600 = 750 \text{ мм}. \quad (2.66)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

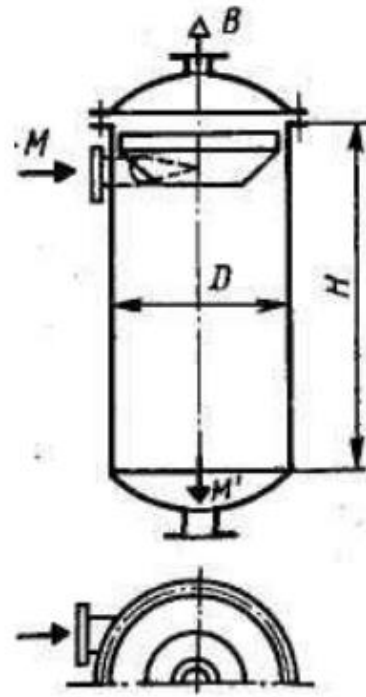
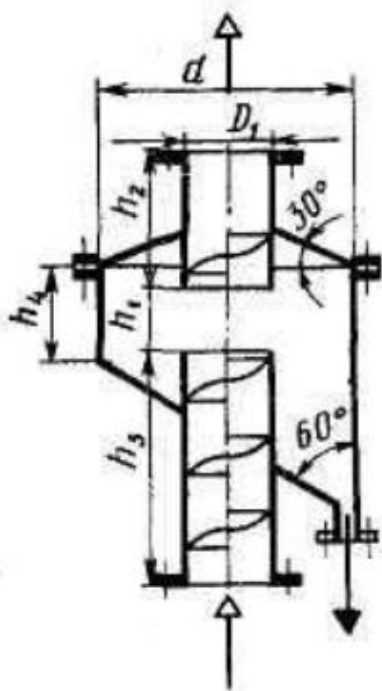


Рис 2.8 - Вихрова “пеноловушка” Рис 2.5 - Сепаратор CO₂

Для виділення CO₂ та інших газів, бражку, нагріту в підігрівачі, пропускають через спеціальний сепаратор CO₂ (відповідно до рис.2.6). Потік М бражки вводиться

тангенціально під відбійний комір. Потік У виділився в сепараторі CO₂ та інших газів, і деяка кількість спиртового пара через верхній штуцер відводяться в спеціальний конденсатор-пастку спирту, а потік М бражки, звільнена від переважної більшості CO₂, через нижній штуцер відводиться в колону. Штуцер для введення бражки в сепаратор розташовують як у верхній, так і в середній або нижній частині корпусу. Однак слід віддати перевагу сепараторам з верхнім розташуванням штуцера, так як при цьому поліпшуються умови повнішого виділення CO₂

Геометричні розміри сепаратора (відповідно до рис.2.3):

$$D = 15\sqrt{G_{усп}} = 15\sqrt{38765} = 3000 \text{ мм} \quad (2.67)$$

$$H = (2 - 2.5) * D = (2 - 2.5) * 3000 = 6000 \text{ мм} \quad (2.68)$$

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

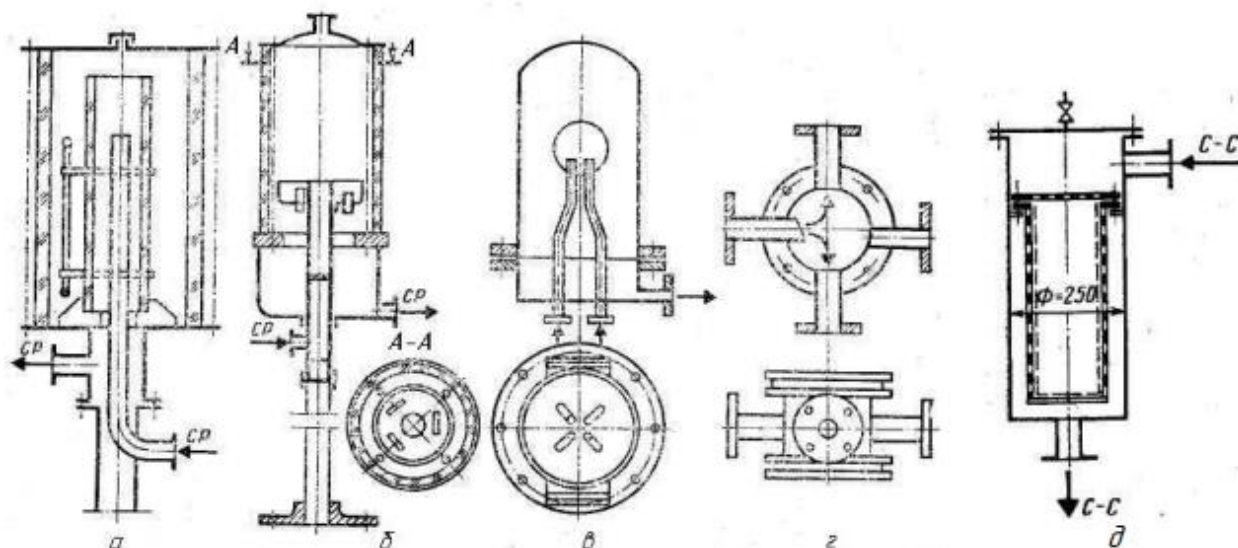


Рис 2.9 –Фільтри

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 колони, 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

					Арк.
					42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	XI.T.00.00.00 ПЗ

3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір конструкційних матеріалів

При виборі конструкційних матеріалів на основні деталі проектного 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 проектного 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 19904-90), стрічка (Лента х / катаная, коррозіонностойкая ГОСТ 4986-79), дріт (Дріт коррозіонностойкая ГОСТ 18143-72), труби

(Труба безшовна холоднодеформовані коррозіонностойкая ГОСТ 9941-81, Трубка капілярна ГОСТ 14162-

Труба безшовна титанових ГОСТ 10498-82, Труба електрозварні коррозіонностойкая ГОСТ 11068-81, Труба електрозварні квадратна ТУ 14-105-566-93, Труба електрозварні прямокутна ТУ 14-105-566-93, Труба ГОСТ 19277), сітка (Сітка тканина ГОСТ 3826-82).

Основні фізико-механічні властивості:

- модуль пружності E, МПа = 198000

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- модуль зсуву G , МПа = 77000
- щільність ρ , кг / м³ = 7900
- межа міцності σ_B , МПа, ≥ 510
- межа плинності σ_T , МПа, ≥ 196
- відносне звуження γ , % = 55
- відносне подовження δ , % = 38

Зварюваність: зварюється без обмежень.

Сталь Ст3 ГОСТ 380-94. Замінники: Сталь Сталь Ст2, Сталь Ст5, Сталь Ст6.

Призначення: прокат профільний, рами, каркаси, щитки, кожухи - для зварних і клепаних конструкцій.

Вид поставки (сортамент): сортовий (Квадратг / катаний ГОСТ 2591-88, Коло г / катаний ГОСТ 2590-88, Полоса ГОСТ 103-76, Катанка ГОСТ 30136-95), листи (Лист товстий г / катаний ГОСТ 19903-74, Лист тонкий х / катаний ГОСТ 19904-90, Лист тонкий г / катаний зі сталі звичайної якості ГОСТ 19903-74), дріт (Дріт загального призначення ГОСТ 3282-74), фасонний (Швелер г / катаний ГОСТ 8240-89, Куточок г / катаний рівнополочний ГОСТ 8509-93, Куточок г / катаний нерівнополочний ГОСТ 8510-86, Куточок х / гнугий рівнополочний ГОСТ 19771-93, Балка двотаврова г / катаная ГОСТ 8239-89, Швелер х / гнугий рівнополочний 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 ρ , кг / м³.7850
- межа міцності σ_B , МПа, ≥ 420
- межа плинності σ_T , МПа, ≥ 230

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварюваність: добре зварюється усіма видами зварювання.

Фторопласт-4 ГОСТ 10007-80 Е.

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

3.2 Розрахунки на міцність та стійкість

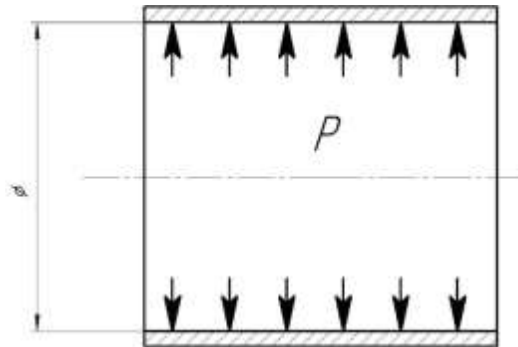


Рис 3.1 - Розрахункова схема обичайки

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 $t = 100$

$^{\circ}\text{C}$ (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

$$[\sigma]_{\text{п}} = \frac{\sigma_{\text{T}}}{1,1} = \frac{174}{1,1} = 158.18 \text{ МПа,}$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$p_n = 1,25 \cdot 0,35 \cdot \frac{158,18}{174} = 0,39 \text{ МПа.}$$

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:

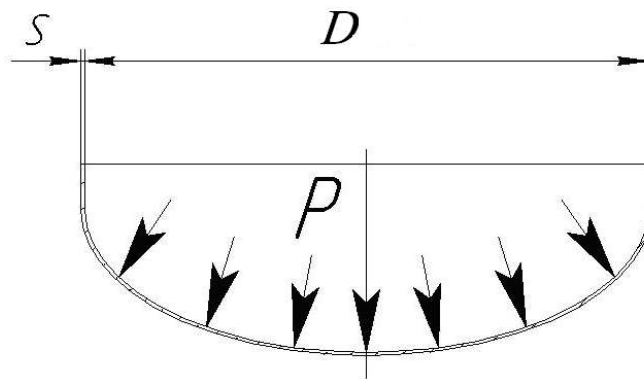


Рис. 3.2 - Розрахункова схема днища еліптичного

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;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

C - надбавка до розрахункової товщини стінки, C = 2.8 мм.

Максимальний радіус кривизни днища визначається за формулою:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} \quad (3.5)$$

де D – внутрішній діаметр абсорбера, D=2000 мм;

H – висота днища, мм.

$$H = 2000 \cdot 0.25 = 500 \text{ мм.}$$

$$R = \frac{2000^2}{4 \cdot 500} = 2000 \text{ мм}$$

$$s_p = \frac{0.35 \cdot 2000}{2 \cdot 1 \cdot 158.18 - 0.5 \cdot 0.35} + 2.8 = 4.91 \text{ мм}$$

Приймаємо $s_{кр} = 5$ мм.

Розрахунок еліптичного днища 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 фланцевого з'єднання

Фланцеві з'єднання застосовують для роз'ємного з'єднання складових частин корпусів і кришок. На фланцях приєднують до апаратів труби, арматуру.

Згідно з рекомендаціями [8] в залежності від діаметру апарату (D=2000 мм) і внутрішньому тиску (P= 0.35 МПа) вибираємо фланець плоско приварний, який являє собою плоскі кільця приварені до краю обичайки по її периметру

Згідно регламентованому ОСТ 26-426-79 і ОСТ 26-427-29 конструктивну форму вибираємо - гладку ущільнену поверхню, що застосовується при внутрішньому тиску до 0.6 МПа.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок фланцевого з'єднання на виконання умов міцності, допустимі навантаження робочих умовах, а також в умовах гідравлічних випробувань і монтажу виконаний в програмі ПАССАТ і наведений у Додатку Г.

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 перевірочні розрахунки

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

$$D_H = 2000 + 2 \cdot 5 = 2010 \text{ мм}$$

Маса циліндричної обичайки:

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

де ρ – густина сталі.

H – висота циліндричної обичайки

$$M_0 = 3.14 \cdot \left(\frac{2010^2 - 2000^2}{4} \right) \cdot 7870 \cdot 20600 \cdot 10^{-9} = 7256.1 \text{ кг}$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0.2 \cdot M_0 = 0.2 \cdot 7256.1 = 1451.2 \text{ кг. кг.}$$

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

ρ_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

										XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
											48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

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

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

Наведена навантаження на опору

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot g = (7256.1 + 1451 + 3040 + 57273600) \cdot 9,81 = 5619692 \text{ Н} = 5.61 \text{ МН.}$$

(3.9)

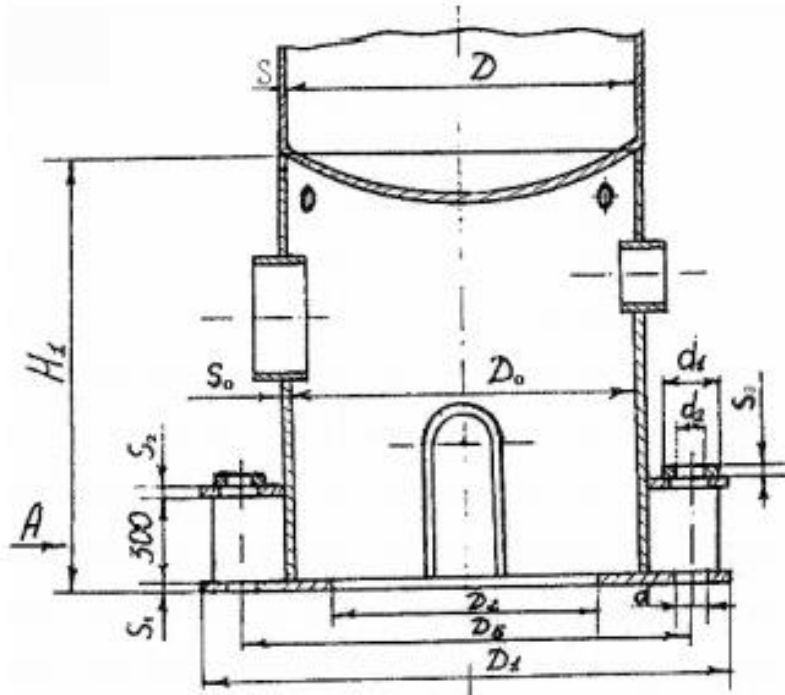


Рис. 3.3 - Схема опори

Розрахунок опори апарату 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 колони на вітрове і сейсмічне навантаження

Умовно розбиваємо по висоті апарат на 3 ділянки, вага ділянки приймається зосередженим в середині ділянки; вітрове навантаження, рівномірно розподілена по висоті апарату, замінюється зосередженими силами, прикладеними в середині ділянки:

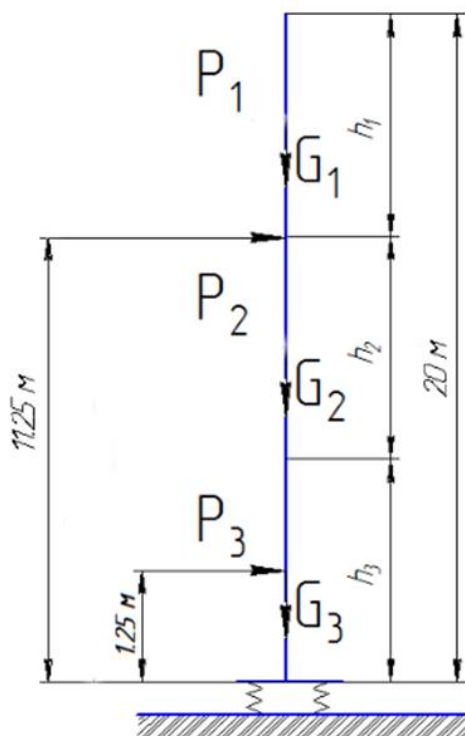


Рис. 3.5 – Схема розбивки апарату на ділянки

Період власних коливань для максимального і мінімального ваги колони

$$T = 1,79H \sqrt{\frac{G}{g} \left(\frac{H}{EJ} + 4\phi_0 \right)} \quad (3.10)$$

де $H = 20$ м - висота колони;

G - максимальний або мінімальний вага колони;

J - момент інерції верхнього поперечного перерізу корпусу апарату щодо центральної осі;

E - модуль пружності;

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D_{cp} - середній діаметр корпусу

$$J = \frac{\pi}{8} \cdot D_{cp}^3 \cdot (s - c); \quad (3.11)$$

где D_{cp} - середний диаметр аппарата

$$D_{cp.an.} = D_e + (s - c); \quad (3.12)$$

$$D_{cp.an.} = 2 + (5 - 2,8) \cdot 10^{-3} = 2.002 \text{ м};$$

$$J = \frac{3,14}{8} \cdot 2.022^3 \cdot (5 - 2.8) \cdot 10^{-3} = 0.0071 \text{ м}^4;$$

Кут повороту опорного перерізу:

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

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

J_ϕ - 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

$$J_k = \pi \cdot D_3 \cdot l^3 / 8 = \pi \cdot 2 \cdot 0.3^3 / 8 = 0.23 \text{ м}^4 \quad (3.15)$$

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

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

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

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]

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компоновання основного та допоміжного обладнання

БРУ та обладнання для спиртовмісних відділень розміщуються в окремих будівлях або в частинах будівлі, відокремлених від інших стін столиці. Приміщення повинно відповідати вимогам СНиП для виробничих приміщень категорії А. Монтаж обладнання та арматури БРУ необхідно проводити строго за технологічною схемою. В установках переміщення спиртової продукції від апарату до апарату організовується самопливом і відкачуванням.

Для цього обладнання необхідно розмістити з відповідними перепадами висоти позначки, починаючи з монтажних (умовних) нульових відміток. Компоновання обладнання на знімальному майданчику можна вирішити по-різному. Колонки розташовуються в 1-2 ряди, в послідовності L або U. У міжповерхових поверхах кімнати є монтажний отвір, площа якого становить $1/5 \dots 1/10$ загальної площі приміщення на плані. Розміри проектів підбираються для забезпечення транспортування (підйому або опускання) найбільших теплообмінників і розміру колони. При розміщенні обладнання за планом і по висоті необхідно надавати послуги з технічного обслуговування, контролю та налагодження, очищення та ремонту трубопроводного обладнання. Планування слід розглядати в найбільш завантажених місцях.

Система повинна чітко визначати передню частину колони обслуговування, прилади контролю алкоголю, дефлегматори, конденсатори, ротаметри та інше обладнання та пристрої. Середня лінія колони повинна бути не менше 1,5 см від стінок колони з найбільшим діаметром у ряду колон. Для перевірки повинна бути відстань не менше 1 м між охолоджувачами, встановленими паралельно.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

При розташуванні колони в лінію, уздовж якої є вільний фронт не менше 2,5 м, між теплоізольованими колонами має бути відстань не менше 1 м.

При розміщенні колон на двох лініях між осями колон відстань має бути не менше 2,5 діаметра стовпа, найбільшого в рядках.

Компонування основних технологічних пристроїв виконано таким чином, щоб:

підтримувати всю блок-схему було настільки ж зручно, швидко та ергономічно.

Над колонами стоять флегматори. Місце їх установки вибирається з урахуванням мінімальної довжини спиртових труб від колон, зручності очищення і заміни теплообмінних труб. При розміщенні зворотного конденсатора перпендикулярно стіні відстань від кришки дефлегматора до стінок має бути не менше 1 м. Конденсатори і спиртовловлювачі розташовані поблизу зворотних конденсаторів. Для зручності обслуговування та зв'язку конденсаторів рекомендується згрупувати їх, наприклад, на 1 групу – конденсатори ВС і ЕС; 2 група - РК-конденсатори та колонки кінцевого очищення та їх спиртовловлювачі. Усі перевірки БРУ зосереджені в зоні обслуговування (зазвичай БРУ 2-го поверху).

Парозбірник котла рекомендується розміщувати в спеціально обладнаній зоні між I та II поверхами приміщень БРУ. При цьому рулі з маховиками на рівні зони обслуговування звільняються від клапанів для ручного регулювання подачі пари в колонку БРУ.

Для забезпечення самопливу продукції за технологічною схемою необхідно суворо дотримуватися правил розміщення обладнання на високих оцінках. У БРУ взаємне розташування колони з урахуванням робочих тисків їх роботи, дефлегматорів та інших пристроїв, крім БК, вимагає чіткої координації. За оцінками РК-складання, маркування збігається. Маркування, на яке встановлюється ЕС, має бути не менше 2 м над кріпленням ерурат на РК-дисплеї. Знак, на якому монтується колонка кінцевого очищення,

					XI.7.00.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибирається з урахуванням різниці у висоті не менше 1,5 м між рівнем відбору спирту з РК і рівнем внесення спирту в СОО. Крім того, різниця у висоті між кубом СОО та плитою живлення РК-дисплея має бути не менше 1,8 м. При монтажі трубопроводів слід керуватися такими правилами: - суворе дотримання діаметрів комунікацій і з'єднань в пристроях, за допомогою яких комунікації підключаються.

У разі розбіжностей управління заводом і автоматизація стає складним; - для встановлення регулюючої арматури прямих місць перед і за клапаном має бути не менше 8 діаметрів трубопроводів; - дотримуватись необхідних ухилів, уникати П-подібних ділянок та прогинів на горизонтальних ділянках трубопроводів; - на ділянках П-подібних переливних водопровідних труб, що з'єднують зворотний і водяний конденсатори, встановити дренажні отвори висотою 1,5-2 м з арматурою; - глибина воріт у зворотному зв'язку повинна бути не менше 1,5 м для БРУ непрямої дії; - ділянки трубопроводів, що подають котлову пару до колон, мають бути П-подібними з висотою 1,2-1,5 м над рівнями введення пари в колони; - паропроводи повинні мати ухил по всій довжині для забезпечення водовідведення

Відповідно до вимог СНиП, ми встановлюємо теплообмінні пристрої на відстані не менше 1 м від стіни приміщення. Для забезпечення вільного потоку ухил трубопроводу становить приблизно 3-5 °. Кути повороту вигину труби 90°. Сходи обладнані поручнями для забезпечення безпечної експлуатації.

4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання [16, 17, 18]

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.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 регулюванню (змінюю 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 хіміобробка, вважається підготовленою до пуску на спирті-сирці. Випробування установки на герметичність, пароводяне випробування, гідравлічні випробування теплообмінників проводиться у присутності головного інженера підприємства, керівника монтажних робіт, начальника цеху, або особи що відповідає за подальшу експлуатацію цеху.

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 паром, який витісняє залишилися в колоні пари і газу. Після пропарювання колону промивають

					XI.7.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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 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 відкривання 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.

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						57
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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 ремонтваного 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.

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 мікрометрівання і контрольного просвердлювання отворів; перевірку на щільність зварних швів і рознімних з'єднань і т. д.

					XI.7.00.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 замінюють 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.

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

					XI.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

перевірок демонтується колона може бути використана для установки монтажних щогл точно так же, як нова колонна- для демонтажу.

Для контролю перекосу 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 перекіс 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 шпильок однаково, абсолютн подовження шпильок відповідає розрахунку, а перекіс кришки не перевищує значень.

У повністю затягнутому з'єднанні різьбова частина шпильки повинна виступати за торець гайки не менше 1,5 і не більше трьох кроків різьблення. У затягнутому стані зазор між опорним торцем гайки і фланця не допускається. Застосування ударного навантаження при затягуванні забороняється.

До основних факторів, що впливають на зусилля затяжки, можна віднести точність геометричних форм гнізд корпусів і обтюраторів; точність різьблення в гайці і шпильці; чистоту поверхонь гайки і шайби; якість алюмінієвих прокладок.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі експлуатації апаратів ректифікаційної установки, не дивлячись на відсутність в них наявності рухомих частин, але внаслідок інтенсивного руху великих обсягів рідин і пари, відбувається знос їх деталей і вузлів.

Для забезпечення безперебійної та безаварійної роботи установки, необхідно виконувати наступні ремонтні заходи:

- не рідше одного разу в десять днів механік підприємства і майстер ділянки ректифікації, проводять ретельний огляд установки і роблять записи в спеціальному журналі про помічені недоліки, які негайно усуваються;
- не рідше одного разу на три місяці, після чергової зганняння, установка зупиняється, повністю звільняється, проводиться промивання апаратури, особливо трубок холодильника і дефлегматора, набивка сальникових пристроїв, усунення виявлених течі і пропусків;
- один раз на рік, під час капітального ремонту підприємства, поряд з перерахованими вище роботами проводиться гідровипробування трубчастих елементів зміювиків куба, дефлегматора і холодильника, розтин конденсаційного горщика;
- один раз в п'ять років проводиться повне розбирання апарату з перевіркою кріплення і справності тарілок в колоні, заміною всіх прокладок, теплообмінних трубок (при необхідності), пайкою і зварюванням помічених щілин і тріщин, повним гідровипробувань всіх апаратів установки і її забарвленням. Після капітального ремонту апарату 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.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва

Одним з найважливіших завдань охорони праці є забезпечення таких умов праці, які б виключали можливість дії на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Шум

Ступінь негативного впливу шуму залежить від сили і частоти звуку, його тривалості, фізичного і психічного стану. Шкідливий вплив виробничого шуму проявляється у вигляді специфічного ураження органу слуху та у вигляді розладів багатьох інших органів, особливо центральної нервової системи. Інтенсивний промисловий шум може призвести до часткової або повної втрати слуху. Негативний вплив шуму на нервову систему працівника проявляється головними болями, безсонням, стомлюваністю, пітливістю, дратівливістю, розладами пам'яті та уваги, а на систему кровообігу – болями в серці, зниженням пульсу, гіпотонією чи гіпертонією.

Найефективніший спосіб боротьби з шумом – зменшити його джерело. Для цього шумні технологічні процеси або обладнання замінюють на низький рівень шуму. Для зниження шуму на виробництві необхідно застосовувати звукопоглинання та ізоляцію, кришки та глушники, індивідуальні шумозахисні заходи тощо.

Вібрація

Вібрації - це механічні коливання твердих тіл. Джерелами вібрацій є механічні, пневматичні та електричні ударні або поворотні інструменти, пристрої, встановлені без достатнього гасіння вібрації та ізоляції.

Вібрації бувають загальні та місцеві. За характером впливу на тіло загальна вібрація передається на все тіло людини, а локально - на руки працюючого.

Місцеві вібрації погіршують кровопостачання деяких органів, а

					XI.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальні вібрації порушують роботу серця і центральної нервової системи. При тривалій і інтенсивній вібрації може виникнути серйозне захворювання – вібраційна хвороба. Ефект вібрації залежить від її частоти. Заходи боротьби з вібрацією поділяються на колективні та індивідуальні.

Колективні методи — це методи обмеження коливань за рахунок впливу на джерело збудження та способи обмеження коливань шляхом їх поширення. Індивідуальні заходи боротьби з вібрацією – взуття, колодки, вібростійкі рукавички.

Заходи, що застосовуються при реалізації цих способів захисту від вібрації, поділяються на:

- огорожа (захисна);
- гасіння вібрацій;
- гасіння та поглинання вібрацій;
- засоби автоматичного керування, сигналізації та дистанційного керування;
- маркування віброуючих поверхонь знаком або фарбою

Підвищений рівень пилу та газу

Робота на запиленому повітрі призводить до різних шкірних захворювань, запалень очей (кон'юнктиви), носової та бронхіальної астми, бронхіту, катарів дихальних шляхів тощо, а також до важких професійних захворювань (силікоз) та хронічних отруєнь працівників. Шкідливі пари та гази, що утворюються під час технологічних процесів на виробничих підприємствах, можуть порушити нормальне функціонування організму працівника та викликати гострі та хронічні отруєння. Ці отруєння можуть спричинити як тимчасову, так і стійку непрацездатність працівника.

Небезпека термічних опіків.

Процес ректифікації процесу за температури 67°C. 73 ° С, і, таким

										Арк.
										63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

чином, площа дистиляційної колони, а також фітингів та труб буде менше. нагрівають до температури приблизно 73 °С. Дотик до зовнішньої поверхні колони може спричинити термічні опіки. відповідність СН 245-79 «Санітарні норми промислового зразка» до температури зовнішніх поверхонь немає.

Небезпека отруєння парами спирту.

При звичайному обладнанні загальна кількість пар спирту, що викидаються в повітря, становить 1,24 кг. У разі високої концентрації парів спирту на робочому місці у робітників з'являються ознаки отруєння – кашель, задишка, іноді запаморочення. та втрата свідомості, порушення та серцева діяльність. Відповідає ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони «ГДК».

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Доступність лігноцелюлозних матеріалів дозволяє розвивати і збільшувати міжнародний ринок біопалива і сприяти скороченню викидів парникових газів в усьому світі.
2. Для бражної колони мінімальна витрата пари становить 6 кг/с, що еквівалентно 79,68 МДж/с, при цьому отримуємо суміш зі змістом біоетанолу 0,74 мас. дол., а кількість домішок отримуємо 0,09 мас. дол.. При меншій кількості пари колона працювати не буде.
3. Для епюраційної колони мінімальна витрата пари становить 1,3 кг/с, що еквівалентно 17,26 МДж/с, при цьому отримуємо в кубі суміш зі змістом біоетанолу 0,46 мас. дол., а кількість домішок отримуємо 0,022 мас. дол.. При меншій кількості пари колона працювати не буде.
4. Для спиртової колони мінімальна витрата пари становить 4 МДж/с, при цьому отримуємо дисцилят 0,969 мас дол, а кількість домішок отримуємо 0,027 мас. дол.. При меншій кількості пари колона працювати не буде.
5. Для виробництва біоетанолу II покоління при використанні в якості сировини солому зернових культур в кількості 270 000 т/рік отримуємо біоетанолу біля 50 000 т/рік, концентрація якого становитиме 0,0969 мас. дол., при цьому на брагоректефікаційну дільницю (бражна, епюраційна та спиртова колони) необхідно затратити мінімум 100,94 МДж/с енергії.
6. Були зроблені розрахунки з яких було виявлено мінімальні витрати по гріючому пару для забезпечення протікання технологічного процесу в бражній та епюраційній колонах. Отримані результати дуже цінні при проектуванні нових пілотних установок для розвитку цієї технології.
7. Запропонований аналіз технологічних параметрів виробництва паливного етанолу продемонстрував, що є потужним інструментом, для оцінки енергетичних витрат на кожному етапі процесу. З отриманих даних можна підібрати режим роботи обладнання для отримання товарної продукції як паливного етанолу, так і ефіроальдегідну фракцію з максимальною

					XI.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						65
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

кількістю домішок, яка є цінним продуктом і має свого споживача на ринку, при цьому витративши мінімальну кількість енергії.

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи / укладачі: В. І. Склабінський, Я. Е. Михайловський, Р. О. Острога, М. С. Скиданенко : – Суми, Сумський державний університет, 2019. – 53 с.
2. Виробництво паливного біоетанолу з лігніноцелюлозної сировини за технологією другого покоління / О.Настенко, О.Ляпощенко, В.Стороженко, В.Смирнов // Chemical Technology and Engineering (Хімічна технологія та інженерія): збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. — С.301-302.
3. VONA C., KIURU L., DIXON-DECLÈVE S. (2004): Setting a Fuel Quality Standard for Fuel Ethanol Tender 18/2004. – International Fuel Quality Center; Houston / USA; 53 p
4. Rutz D., Janssen R. (2006) Project: Biofuel Marketplace (EIE/05/022/SI2.420009) Overview and Recommendations on Biofuel Standards for Transport in the EU, WIP Renewable Energies, Gemany.
5. В.І.Попов, Л.Л.Добросердов, В.Н.Стабніков і ін. Технологічне обладнання бродильних виробництв. - М.: Піщепроміздат, 1953. - 516 с.
6. 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., Іл.
7. De Bari, E. Viola, D. Barisano, M. Cardinale, F. Nanna, F. Zimbardi, G. Cardinale, and G. Braccio Industrial & Engineering Chemistry Research 2002 41 (7), 1745-1753 DOI: 10.1021/ie010571f
8. Gregg DJ, Boussaid A, Saddler JN. Techno-economic evaluations of a generic wood-to-ethanol process: effect of increased cellulose yields and enzyme recycle. Bioresource Technology. 1998;63(1):7–12.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Биоэтанол: технологии получения из возобновляемого растительного сырья и области применения / Матковский П.Е., Яруллин Р.С., Старцева Г.П., Седов И.В. // Альтернат. энергетика и экология. - 2010. - N 6(86). - С.95-105.

10. Мироненко В.Г. Технології виробництва біодизеля : [курс лекцій для студ. сільськогосп. вищ. навч. закл.] / Мироненко В.Г. Дубровін В.О., Поліщук В.М., Драгнев С.В. — К.: ХОЛТЕХ, 2009

11. Шматенко В.А., Скотар А.П. Моделювання технологічних процесів брагоректифікаційної установки у виробництві біоетанолу II покоління // European scientific discussions. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. Potere della ragione Editore. Rome, Italy. 2020. P. 217-222.

URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-european-scientific-discussions-26-28-dekabrya-2020-godarim-italiya-arhiv/>.

12. Шматенко В.А., Скиданенко М.С., Старинський О.Є. Особливості процесу виробництва альтернативного палива – біоетанолу. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) / редкол. : О. Г. Гусак, І. В. Павленко : тези доповідей. Суми: Сумський державний університет, 2020. С. 269-270..

13. Гряник Г.Н. Охрана труда и пожарная безопасность. – Киев: «Вища школа», 1981.

14. Духанин Д.Ф., Акулин Д.Ф. Техника безопасности и противопожар-ная техника в машиностроении. М.: Машиностроение, 1973.

15. Гайдамак К.М., Тыркин Б.А. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности, 1974

16. Никольский Б. П. - Справочник химика - том 4 – 1967

17. Будівництво в сейсмічних районах України ДБН в.1.1-12-201х

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Маринченко В.О., Домарецький В.А. та ін. Технологія спирту
19. Спирт Технологический регламент. Киев 1987
20. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи проектування» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»/ Укладач: Гуляєв В.М - Кам'янське: ДДТУ, 2019 р. – 36 с
21. Стабников В.Н. Перегонка и ректификация этилового спирта ... Изд. 2-е 1969 г. 456 с.
- 22.ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
23. ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- 24.СН 245-79 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		