

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Ярослав КОРНІЄНКО

(підпис)

“ \_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**Напрямок підготовки:** 13 – Машинобудування

**Спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

**Спеціалізація:** Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

**на тему: Модернізація ректифікаційної колони відділення рекуперації ацетону. Комплексний проект.**

**Виконав студент IV курсу, групи ЛН-71**

Олександр САМЕЛЮК \_\_\_\_\_

**Керівник проекту**

канд. техн. наук, доцент Ігор АНДРЕЄВ \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

**Консультанти:**

з охорони праці

канд. техн. наук, доцент Андрій КОВТУН \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

з економіки

канд. екон. наук, доцент Андрій СТЕПАНЮК \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ Олександр САМЕЛЮК

Київ – 2021

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

Освітній ступінь: бакалавр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Ярослав КОРНІЄНКО

(підпис)

“\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Самелюку Олександрю Віталійовичу

1. **Тема проекту:** Модернізація ректифікаційної колони відділення рекуперації ацетону. Комплексний проект.

Керівник проекту кандидат технічних наук, доцент Ігор АНДРЕЄВ.

Затверджена наказом по університету від “26” квітня 2021р. №1071-с.

2. **Термін подання студентом проекту:** 9 червня 2021 р.

3. **Вихідні дані до проекту:** розділенню підлягає ацетоно-повітряна суміш, витрати початкової суміші – 1 кг/с; склад рідин по легколетючому компоненту: вихідної суміші – 19%, дистиляту – 89%, кубового залишку – 1%.

4. **Зміст пояснювальної записки:** а) основна частина: розглянуті існуючі конструкції апарата, обґрунтований вибір конструкції апарата; аналіз обраної конструкції в порівнянні з вітчизняними та світовими аналогами; розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції:

параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарата; складальне креслення колони та її основних складальних одиниць і деталей; розроблення рекомендації щодо монтажу та експлуатації колони; оцінка рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викладення основних вимог безпечної експлуатації апарата;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надання рекомендацій щодо монтажу та експлуатації ректифікаційної колони;

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):** принципова схема установки – А1, кресленик складальний: колони – А1, опори–А1 , царги – А1.

**6. Консультанти розділів проекту:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Андрій КОВТУН доцент		
Економіка	Андрій СТЕПАНЮК доцент		

**7. Дата видачі завдання:** 16 травня 2021 р.

**Студент**

\_\_\_\_\_ Олександр САМЕЛЮК  
(підпис)

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_ Ігор АНДРЕЄВ  
(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Терміни виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту	16.04.21	
2	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту	16.04.21	
3	Оформлення та подання заявки на корисну модель	27.10.20	
4	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції колони. Технічна характеристика установки, апарата. Добір матеріалів.	12.12.20	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарата. Розрахунок гідравлічного опору колони	22.04.21	
6	Розробка складальних креслень апарата і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарата	24.04.21	
7	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	26.05.21	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	15.05.21	
9	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	22.05.21	
10	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці	22.05.21	

1	2	3	4
11	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	30.05.21	
12	Попередній захист проекту	01.06.21	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	10.06.21	

**Студент**

\_\_\_\_\_ Олександр САМЕЛЮК  
(підпис)

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_ Ігор АНДРЕЄВ  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

УДК 66.048.3

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” на тему: “Модернізація ректифікаційної колони відділення рекуперації ацетону. Комплексний проект”/ КПП ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО. Керівник Андреев І.А. – К., 2021.- 123 с. 14 іл. - Викон. Самелюк О. В. – Бібліогр.: с. 122 с.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 40 найменувань. Загальний обсяг записки становить 123 сторінок основного тексту, 14 рисунків, 9 таблиць і 4 додатків.

Мета проекту – проектування ректифікаційної колони для розподілу суміші ацетон-вода. Спроектована колона дозволить отримати суміш з масовою концентрацією ацетону в дистилаті 89%.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типу ректифікаційної колони, її місце в технологічній схемі, технічну характеристику апарата, порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами, патентне дослідження конструкції, наведено заходи, щодо охорони праці, приведено розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкції. Наведено рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та визначено очікувані техніко-економічні показники. Внаслідок модернізації істотно підвищує ефективність масопередачі на тарілці масообмінного апарата. Визначений також рівень стандартизації та уніфікації.

АЦЕТОН, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, КОВПАЧОК, КОВПАЧКОВА  
ТАРІЛКА.

## РЕФЕРАТ

УДК 66.048.3

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" на тему: "Модернизация ректификационной колонны отделения рекуперации ацетона. Комплексный проект "/ КПИ им. ИГОРЯ СИКОРСКОГО. Руководитель Андреев И.А. - К.,Ф 2021.- 122 с. 14 ил. - Исполнитель. Самелюк А. В. - Библиогр .: с. 123 с.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 разделов, выводов и списка ссылок из 40 наименований. Общий объем записки составляет 120 страниц основного текста, 14 рисунков, 9 таблиц и 4 приложений.

Цель проекта - проектирование ректификационной колонны для разделения смеси ацетон-вода. Спроектированная колонна позволит получить смесь с массовой концентрацией ацетона в дистилляте 89%.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа ректификационной колонны, ее место в технологической схеме, техническую характеристику аппарата, сравнение основных показателей разработанной конструкции с аналогами, патентное исследование конструкции, приведены мероприятия по охране труда, приведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции. Приведены рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и определены ожидаемые технико-экономические показатели. Вследствие модернизации существенно повышается эффективность массопередачи на тарелке массообменного аппарата. Определен также уровень стандартизации и унификации.

АЦЕТОН, РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОННА, КОЛПАЧОК,  
КОЛПАЧКОВАЯ ТАРЕЛКА.

## ABSTRACT

UDC 66.048.3

The graduation project of educational qualification level "Bachelor" project on the topic: "Modernization of the rectification column of the acetone recovery section . Complex project" National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Supervisor: Andreiev I.A. – K., National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" 2021.- 123 p. - Performer. Sameliuk O. V. – Bibliography: 124 p.

Explanatory note consists of introduction, 8 chapters, a conclusion, a reference list of 24 items. The total volume of work 123 p., 14 figures, 9 tables and 4 appendices. The objective of the project is to design and design columns for a 1 kg/s acetone-water mixture.

The assigned aim is attained by analytical definition of a mass transfer plate quantity, by performance of hydraulic calculations, and also by carrying out of calculations on durability of the reference nodes and details of a design. Algorithmic schemes, table of identifiers and program . The program is executed on algorithmic language MathCAD. The analysis of given is resulted and conclusions are designed. There is list of the bibliography.

Engineering analysis note contains a description of the technological scheme for acetone and a description of the distillation column for separation acetone from water. The graphical part of the project includes four drawings A1, containing process flow diagram, assembly drawing of the column and drawings of assembly units and parts

ACETONE, RECTIFICATION COLUMN, CAP, CAP PLATE.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**Напрямок підготовки:** 13 – Машинобудування

**Спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

**на тему: Модернізація ректифікаційної колони відділення рекуперації ацетону. Комплексний проєкт**

Київ – 2021

## Зміст

	Вступ	13
1.	Призначення та область використання апарата в технологічній схемі	15
1.1.	Опис технологічного процесу	15
1.2.	Вибір типу ректифікаційної колони та її місце у технологічній схемі	17
2.	Технічна характеристика ректифікаційної колони	19
3.	Опис та обґрунтування вибраної конструкції ректифікаційної колони	20
3.1.	Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей ректифікаційної колони	20
3.2.	Вибір матеріалів	21
3.3.	Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами	22
3.4.	Патентне дослідження	23
4.	Охорона праці	29
4.1.	Електробезпека	29
4.2.	Освітлення	31
4.3.	Шум і вібрація	31
4.4.	Повітря робочої зони	32
4.5.	Пожежна безпека	33
5.	Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	36

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Самелюк		06.21	Модернізація ректифікаційної колони відділення рекуперації ацетону	Літ.	Арк.	Акрцвів
Перевір.		Андреев		06.21			10	114
Т. Контр.						<i>КПІ імені Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ</i>		
Н. Контр.								
Затверд.								

5.1.	Матеріальний баланс	36
5.2	Розрахунок флегмового числа	37
5.3.	Визначення об'ємів і об'ємних швидкостей пари та рідини, що проходять через колону	41
5.4.	Розрахунок тарілок	42
5.5.	Визначення ККД тарілки	44
5.6.	Розрахунок ковпачків	46
5.7.	Гідравлічний розрахунок	48
5.8.	Розрахунок діаметра штуцерів	51
5.9.	Розрахунок обичайки	53
5.10.	Розрахунок товщини і допустимого тиску еліптичного днища	55
5.11.	Розрахунок опори	56
5.12	Розрахунок на міцність і стійкість	63
6.	Рекомендації щодо монтажу та експлуатації	677
7.	Рівень стандартизації та уніфікації	71
8.	Економічна частина проекту	733
8.1.	Техніко – економічні обґрунтування доцільності зміни конструкції	733
	Висновок	788
	Вывод	80
	Conclusions	82
	Перелік посилань	833
	Додаток А	866
	Додаток Б	90
	Додаток В	93
	Додаток Г	11313

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

$V$  – об’ємна витрата, м<sup>3</sup> /с;

$p$  – тиск, МПа;

$F$  – площа поверхні, м<sup>2</sup>;

$S$  – товщина, м;

$D$  – діаметр, м;

$w$  – швидкість, м/с;

$T$  – температура, К;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коефіцієнт динамічної в’язкості, Па·с;

$\sigma$  – напруження в матеріалі, МПа;

$[\sigma]$  – допустиме напруження, МПа;

$\phi$  – коефіцієнт міцності зварного шва;

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Вступ

Ректифікаційна колона призначена для одержання збагаченої паро-ацетонової суміші (пари ацетону і води) при сталому режимі, яка подається на ректифікаційну колону другого ступеню, де одержують ацетон заданого складу.

У промисловості застосовують тарілчасті ковпачкові, насадкові, сітчасті, плівкові трубчаті та відцентрові плівкові апарати. Вони відрізняються в основному конструкцією внутрішнього устрою апарата, призначення якого – забезпечення взаємодії рідини і пари. При виборі типу ректифікаційної колони для даної технологічної схеми враховуємо, що плівкові апарати складні у виготовленні та мають високу вартість, тому вони є мало поширені. Для в'язких фракцій, а особливо там, де йде виділення тепла, використовують колони насадкового типу, при ректифікації спирту і рідкого повітря – сітчасті колони, а для легких фракцій – тарілчастого.

Для ректифікації паро-ацетонової суміші у даній ректифікаційній установці при заданих згідно із завданням на проектування параметрах найкраще підходить тарілчаста колона.

Тарілчасті колони складають основну групу масообмінних апаратів. Це вертикальний циліндр, по висоті якого розташовані спеціальні контактні пристрої – тарілки, які дозволяють створити щільний контакт між паром, що піднімається вгору по колоні, та стікаючою вниз рідиною.

В хімічній промисловості використовують велике різноманіття контактних тарілок, основними типами яких є провальні, сітчасті, пластинчаті, ковпачкові, клапанні тарілки. Для даного апарата доцільно вибрати ковпачкові тарілки, що мають високий ККД, працюють в широких діапазонах продуктивності по газу, прості в експлуатації та є універсальними.

Стікаючи до низу колони суміш взаємодіє з парою, що піднімається вгору. В результаті цього з суміші видаляється легколетючий компонент. Пара піднімається вгору з тарілки на тарілку, збагачуючись низькокиплячим компонентом.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Ацетон – при нормальних умовах безбарвна летка рідина з характерним запахом. Ацетон є дуже гарним розчинником, широко застосовується у виробництві лаків, фарб, лікарських речовин. В результаті різноманітних технологічних процесів утворюється суміш повітря з парами ацетону, яка здатна завдати значної шкоди оточуючому середовищу. При вдиханні повітря з концентрацією ацетону 1.2 мг/л протягом 3-5 хвилин викликає подразнення слизових оболонок очей, горла та носа. Подальше збільшення концентрації викликає сльозотечу, отруєння та втрату свідомості. Ацетон може створювати вибухонебезпечну суміш з повітря. Тому створення спеціальної дільниці, де б проходила очистка повітря завдяки рекуперації ацетону є дуже актуальним завданням

Метод очистки газових викидів – адсорбційне уловлювання ацетону та активованим вугіллям. Уловлювані вугіллям органічні розчинники, десорбуються водяною парою і після ректифікації рекуперований ацетон повертається в основне виробництво на повторне використання.

Метою даної дипломної роботи є розробка ректифікаційної колони для розділення суміші ацетон-вода у відділенні рекуперації ацетону.

В основу корисної моделі була поставлена задача збільшення продуктивності тарілки, що бере участь у процесі ректифікації.

Завдання на проектування видано 1 березня 2021 року.

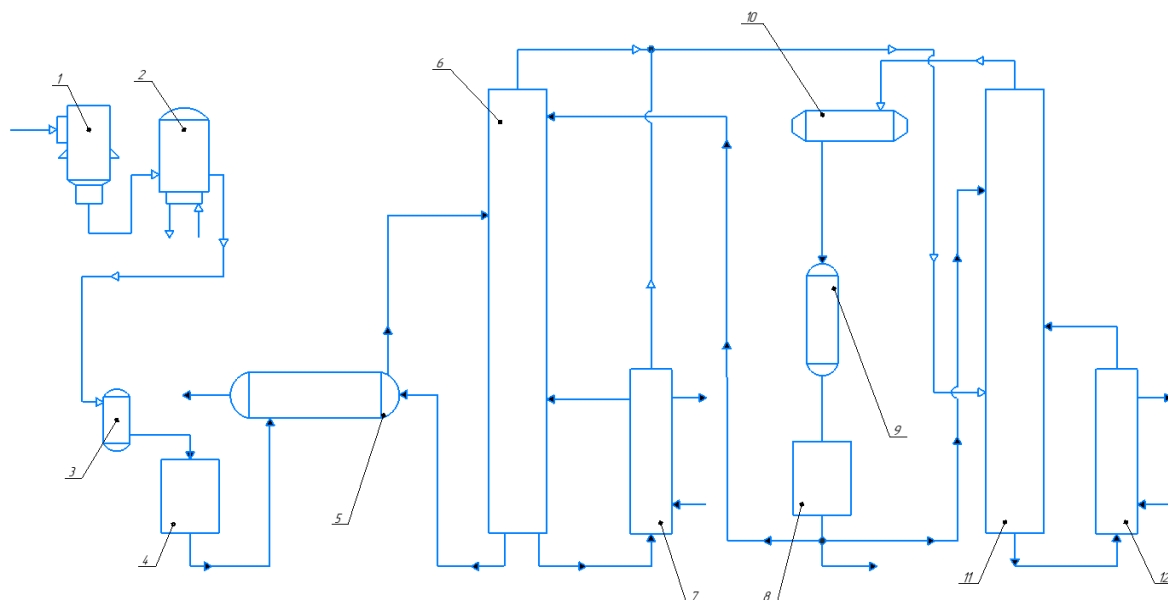
Дані для проектування були отримані 16 травня 2021 р.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1. Призначення та область використання апарата в технологічній схемі

## 1.1. Опис технологічного процесу

Схема процесу зображена на рисунку 1.1. [1]



1 – вогнезатримувач; 2 – адсорбер; 3, 10 – конденсатор; 4, 8 – ємність;  
5, 12 – теплообмінник; 6, 11 – ректифікаційна колона; 7 – кип’ятильник;  
9 – холодильник

Рисунок 1.1 – Технологічна схема ділянки рекуперації парів ацетону

Для запобігання поширення полум’я по газоходах встановлюється вогнезатримувач 1. Після вогнезатримувача ацетон – повітряна суміш з концентрацією ацетону до  $30 \text{ г/м}^3$  ( $0,03 \text{ кг/м}^3$ ) поступає на очистку від ацетону в кільцеві адсорбери періодичної дії 2.

Газова суміш, проходячи через кільцевий шар адсорбенту, очищається за допомогою активованого вугілля від. Температура в шарі вугілля під час процесу адсорбції не підіймається вище  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $313 \text{ K}$ ). Після насичення вугілля з ацетоном

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

проходить переключення подачі ацетоно-повітряної суміші на інший адсорбер, а в перший з витратами  $2.4 \text{ м}^3/\text{с}$  подається водяна пара, температура якої становить  $100^\circ\text{C}$  ( $373 \text{ K}$ ), пара вилучає ацетон з вугілля, проходить процес десорбції. Вугілля після десорбції просушується атмосферним повітрям температурою  $100^\circ\text{C}$  ( $303 \text{ K}$ ) впродовж 40 хв.

Утворена в результаті процесу десорбції паро-ацетонова суміш, з температурою  $100^\circ\text{C}$  ( $373 \text{ K}$ ) від адсорбера 2 подається в конденсатор рекуперата 3, який являє собою вертикальний кожухотрубний теплообмінник, де конденсується рекуперат. В конденсаторах рекуперат охолоджується і температура конденсату знижується до температури  $35\text{-}40^\circ\text{C}$  ( $308\text{-}313\text{K}$ ), і подається з водою тиском рівним  $0.3\text{-}0.4 \text{ МПа}$  і температурою нижче  $28^\circ\text{C}$  ( $301\text{K}$ ) в трубний простір апаратів.

Конденсат рекуперата стікає в збірник рекуперата 4. Збірник рекуперата – це вертикальний циліндричний апарат з еліптичними кришкою і дном об'ємом  $5 \text{ м}^3$ .

Звідти конденсат рекуперата через горизонтальний кожухотрубний теплообмінник 5 подається на живлення колони 6, в якому відбувається підігрів ацетоно-водяної суміші до температури  $74^\circ\text{C}$  ( $347\text{K}$ ), що подається на живлення колони 6, кубовим залишком (з низькою концентрацією НКК), який збирається в нижній частині цієї ж ректифікаційної колони. Максимальна температура в теплообміннику –  $100^\circ\text{C}$  ( $373\text{K}$ ), максимальний тиск –  $0,2 \text{ МПа}$ .

Конденсат рекуперата з тиском  $0,2 \text{ МПа}$  температурою  $74^\circ\text{C}$  ( $347\text{K}$ ) і витратою  $1414,75 \text{ кг/год}$  ( $0,393 \text{ кг/с}$ ) подається в верхню частину колони 6. В колоні безперервної дії 6 здійснюється ректифікація конденсату рекуперата. Ректифікаційна колона розділяє воду і ацетон з ацетоно-водяного розчину на окремі складові.

Колона має виносний випарник 7 – що являє собою горизонтальний випарний апарат з природною циркуляцією кубової рідини. Рідина з нижньої частини ректифікаційної колони 6 стікає в випарник 7, що обігрівається водою. Температура парів на верхній тарілці становить  $56\text{-}60^\circ\text{C}$  ( $338\text{-}343\text{K}$ ). В якості

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

флегми на зрошення колони використовується готовий продукт після ректифікації в колоні другого ступеня. Флегма з тиском 0,2 МПа і витратою 0,035 м<sup>3</sup>/год в верх ректифікаційної колони 6 подається з ємкості готового продукту 8. Температура кубової рідини в колоні становить 56-100 °С (329-373 К). Пар, підіймаються в верх по колоні і відправляється на ректифікаційну колону другого ступеня.

Кубовий залишок з ректифікаційної колони другого ступеня надходить у теплообмінник 12, там підігрівається водою, та повертається у колону для підтримання необхідної температури. Утворена в результаті ректифікації пара дистилляту (збагачена НКК), що являє собою майже чистий ацетон направляється у конденсатор 10, звідти – у холодильник, де охолоджується 9, та поміщається у ємність готової продукції 8.

Готовий продукт відводиться, або використовується у якості флегми для зрошення ректифікаційних колон 6 та 11.

## 1.2. Вибір типу ректифікаційної колони та її місце у технологічній схемі

Для проведення процесу ректифікації використовуються колони наступних типів:

- 1) Тарілчасті;
- 2) Ситчасті;
- 3) Насадкові.

В ректифікаційних установках застосовують три основних типи колон: ковпачкові, ситчасті і насадкові.

Ректифікаційна колона призначена для одержання збагаченої паро-ацетонової суміші (пари ацетону і води) при сталому режимі, яка подається на ректифікаційну колону другого ступеню, де одержують ацетон заданого складу.

У промисловості застосовують тарілчасті ковпачкові, насадкові, ситчасті, плівкові трубчаті та відцентрові плівкові апарати. Вони відрізняються в основному конструкцією внутрішнього устрою апарата, призначення якого – забезпечення взаємодії рідини і пара. При виборі типу ректифікаційної колони для даної

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

технологічної схеми враховуємо, що плівкові апарати складні у виготовленні та мають високу вартість, тому вони є мало поширені. Для в'язких фракцій, а

особливо там, де йде виділення тепла, використовують колони насадкового типу, при ректифікації спирту і рідкого повітря – сітчасті колони, а для легких фракцій – тарілчастого.

Для ректифікації паро-ацетонової суміші у даній ректифікаційній установці при заданих згідно із завданням на проектування параметрах найкраще підходить тарілчаста колона.

Тарілчасті колони складають основну групу масообмінних апаратів. Це вертикальний циліндр, по висоті якого розташовані спеціальні контактні пристрої – тарілки, які дозволяють створити щільний контакт між паром, що піднімається вгору по колоні, та стікаючою вниз рідиною. Корпуси апаратів великого діаметру ( $D \geq 1,2$  м) та тих, що працюють при великих тисках, виконують суцільнозварними. Якщо розрахунковий тиск в колоні не перевищує 1,6 МПа, апарати діаметром 0,4 - 1 м виконують з окремих царг.

В хімічній промисловості використовують велике різноманіття контактних тарілок, основними типами яких є провальні, сітчасті, пластинчаті, ковпачкові, клапанні тарілки. Для даного апарата доцільно вибрати ковпачкові тарілки, що мають високий ККД, працюють в широких діапазонах продуктивності по газу, прості в експлуатації та є універсальними.

Стікаючи до низу колони суміш взаємодіє з парою, що піднімається вгору. В результаті цього з суміші видаляється легколетючий компонент. Пара піднімається вгору з тарілки на тарілку, збагачуючись низькокиплячим компонентом. Конденсат парів розділяється на декілька потоків: один (флегма) вертається в верхню частину колони на зрошення (22-а тарілка), другий (кубова рідина) – поступає в випарник.

Обираємо тарілчасту ковпачкову ректифікаційну колону безперервної дії. Як аналог вибираємо апарат даної технологічної схеми.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2. Технічна характеристика ректифікаційної колони

Апарат призначений для розділення води і ацетону з ацетоно-водяного розчину.

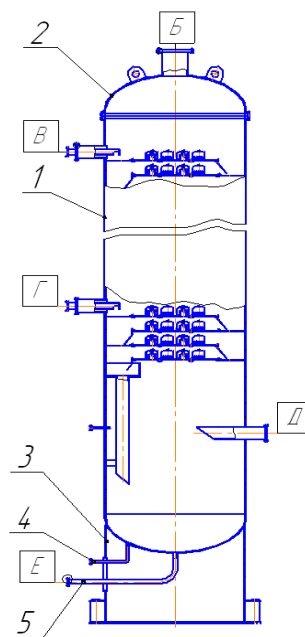
Продуктивність по вихідній суміші, кг/с	1;
Продуктивність по дистилляту, кг/с	0,205;
Продуктивність по кубовому залишку, кг/с	0,795;
Склад рідин по легколетючому компоненту (вихідна суміш), %	19;
Склад рідин по легколетючому компоненту (дистиллят), %	89;
Склад рідин по легколетючому компоненту (кубовий залишок), %	1;
Температура середовища в кубі, К	393;
Абсолютний тиск в апараті (верх колони), МПа	0,2;
Абсолютний тиск в апараті (низ колони), МПа	0,2;
Кількість тарілок, од.	12;
Маса апарата, кг	1840;
Діаметр, м	0,8;
Висота, м	5,4.
Середовище	токсичне, корозійне;
Тип колони	тарілчаста.
Витрата початкової суміші $G_F$ , кг/с	1;
Склад рідин по легколетючому компоненту, % масові:	
вихідної суміші $x_F$	19;
дистилляту $x_D$	89;
кубового залишку $x_W$	1.

### 3. Опис та обґрунтування вибраної конструкції ректифікаційної колони

#### 3.1. Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей ректифікаційної колони

Ректифікація являє собою більш складний вид перегонки, оснований на різній температурі кипіння речовин, що входять до складу суміші. Процес ректифікації відбувається в колоні (рисунок 3.1).

Колона ректифікаційна - це пустотілий циліндричний корпус з розміщеними в ньому контактними тарілками, оснащений кришкою та днищем, патрубками для вводу та виводу потоків пари та рідини



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – опора; 4,5 – трубопроводи;

Б – штуцер для виходу парів; В – штуцер для входу флегми;

Г – штуцер для входу вихідної суміші; Д – штуцер для входу парів;

Е – штуцер для виходу кубового залишку.

Рисунок 3.1 – Колона з ковпачковими тарілками

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Знизу до корпусу апарата приварюється спеціальна опора, що дозволяє надійно кріпити колону до фундаменту. Для забезпечення ефективної роботи необхідно встановити розподільні пристрої, за допомогою яких в апарат вводяться потоки рідини та пари, а також пристрої для виводу цих потоків з апарата. В середню частину у вигляді паро-рідинної суміші подається сировина, яку необхідно поділити на дві частини – високо киплячу та низько киплячу. Пар на тарілку поступає по патрубкам, розбиваючись потім прорізами ковпачка на велику кількість окремих струменів. Прорізи ковпачків виконані у вигляді трапецеїдальної форми.

Далі пар проходить через шар рідини, що протікає по тарілці від одного зливного пристрою до іншого. При русі через шар значна частина струменів розпадається і пар розподіляється в рідині у вигляді бульбашок. Інтенсивність утворення піни та бризок на ковпачкових тарілках залежить від швидкості руху газу та глибини занурення ковпачка у рідину.

Потік рідини рухаючись з тарілки на тарілку контактує з гарячою парою, і тому з нього випаровується деяка кількість низько киплячого компоненту, в результаті чого концентрація останнього в рідині зменшується. З іншого боку, паровий потік, що поступає з нижньої тарілки, контактує з рідиною, температура якої нижча, і частина високо киплячого компоненту з цього потоку конденсується, переходячи в рідину. Концентрація високо киплячого компоненту в парах таким чином знижується, а низько киплячого – збільшується.

Частина ректифікаційної колони, що розташована вище вводу сировини, називається укріплюючою, а нижче – вичерпною.

### **3.2. Вибір матеріалів**

Прокладки виконані з стійких до дії ацетону бутикаучука [1].

Матеріал для виготовлення ректифікаційних колон вибирається відповідно до умов їх експлуатації (міцність, механічна обробка, зварюваність).

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Головною вимогою є їх корозійна стійкість. Остання оцінюється в залежності від швидкості корозії.

Слід надавати перевагу матеріали, швидкість корозії яких не перевищує 0,1-0,5 мм / рік, а по можливості - більш стійкі (швидкість корозії 0,01-0,05 мм / рік).

Легована сталь марки 12Х18Н10Т має підвищену опірність до міжкристалічної корозії і стійка до ацетону. Вона не має будь-яких обмежень по зварюванню, що також сприяє її поширенню і популяризації

Розміри листів мають відповідати [2]. Властивості листів мають відповідати [3]. Прокладки виконані з стійких до дії ацетону бутикаучука.

### 3.3. Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Мета: порівняння різні існуючі ректифікаційні колони та холодильники з нашими апаратами.

Порівняння ректифікаційної колони виконуємо за типом тарілок, які поділяються на клапанні, ковпачкові, сітчасті.(таблиця 3.1).

За конструкцією запропонована в даному проекті ректифікаційна колона з ковпачковими тарілками, яка суттєво відрізняється від наведених аналогів [4]. Вона має більшу продуктивність, враховуючи що площа поверхні ректифікації колони є меншою.

Таблиця 3.1 – Основні технологічні показники тарілок.

Основні технологічні показники	Ректифікаційна колона з клапанними тарілками	Ректифікаційна колона з сітчастими тарілками	Апарат, що проектується
Продуктивність колони по вхідній суміші, кг/с	0,5(2)	0,6 (3)	1(5)
Площа поверхні ректифікації, м2 (бал)	500(3)	500(3)	500(3)

Габарити, м Висота Діаметр Ширина	H=12(4) D=1(4) S=1,2(4)	H=16(3) D=1,4(3) S=1,6(3)	H=5,4(5) D=0,8(5) S=1(5)
Робота при змінній витраті	3	2	5
Малі капітальні витрати	4	2	3
Легкість пуску та установки	4	4	4
Сумма балів	28	24	35

За порівнянням типу тарілок можна зробити висновок, що найефективніша та найбільш підходяща тарілка – це ковпачкова. Висновок: вибираємо ректифікаційну колону тарілчату з ковпачками. Основні вимоги при виборі холодильного апарата є: забезпечення коефіцієнту теплопередачі; малий гідравлічний опір; матеріалоемність та габарити; уніфікація вузлів та деталей; кращий діапазон роботи за робочими температурами.

### 3.4. Патентне дослідження

Мета пошуку інформації – визначення патентоспроможності проектованої колони й визначення тенденцій розвитку напрямку в техніці. Результати пошуку наведені в Додатку Б.

В патенті [6], рисунок 3.2. запропоновано спосіб одержання гідроксипівалальдегіду на основі конденсації випрямляльної каталітичної реакції характеризується тим, що він включає такі етапи

Спосіб отримання гідроксипівалальдегіду на основі конденсації випрямляльної каталітичної реакції, який відрізняється тим, що на стадії, де змішаний водний розчин ізобутиральдегіду та формальдегіду напрямлений у випрямляючу вежу каталітичної реакції, заповнену твердим базовим каталізатором, де ізобутиральдегід та формальдегід зазнають достатньої реакції конденсації в секції каталітичної реакції випрямної вежі каталітичної реакції

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

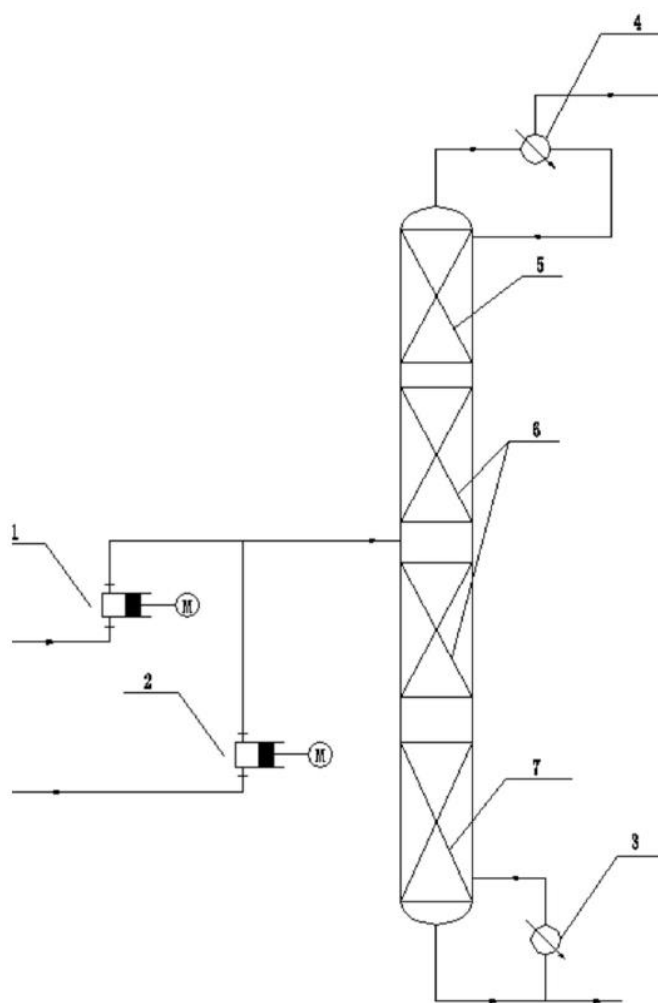
верхній тиск випрямної башти каталітичної реакції становить 0,2-0,6 МПа, верхня температура вежі 60-135 °С.

Переваги:

- 1) Хороша герметизація
- 2) Безпечний для навколишнього середовища технологічний процес;

Недоліки:

- 1) Металоємність;
- 2) Великі енергозатрати на виготовлення продукції;



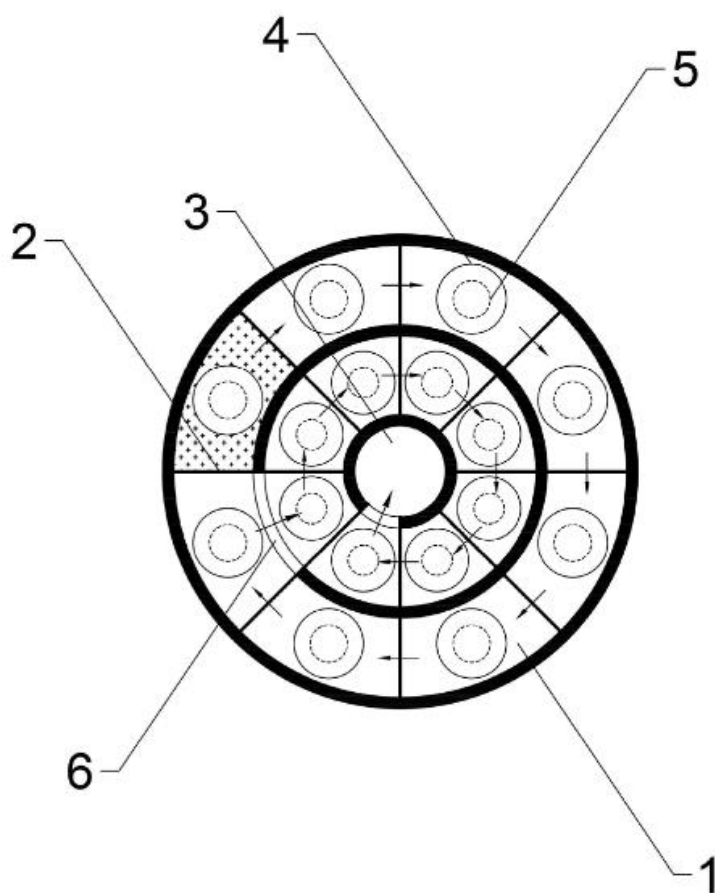
1- насос 1-ізобутиральдегідної сировини, 2-насос 2-формальдегідного водного розчину, 3- нагрівач, 4-конденсатор, 5-ректифікаційна колона, 6- каталізатор, 7-екстрактор.

Рис. 3.2. Схема отримання гідроксипівалальдегіду

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

В патенті [7] рисунок 3.3 з метою збільшення ефективності проведення процесу пропонується наступне покращення.

Циркуляційна колона масообмінного апарата, що включає тарілку і ряд ковпачків (4). Тарілка виконана у вигляді диску. Ковпачки (4) розташовані на тарілці на газових патрубках (5). Бокові стінки корпусу в зборі (4) рівномірно обладнані кількома випускними отворами, що відрізняються тим, що: верхня торцева поверхня тарілки обладнана помірними циркуляційними канавками з зовнішньої сторони всередину.



1-тарілка, 2-канавки, 3-зливний патрубок, 4-ковпачок, 5-газовий патрубок,  
6-зливна перегородка

Рисунок. 3.3. – Ковпачкова тарілка

Переваги:

- 1) Більш ефективний масообмін;
- 2) Простота у виготовленні;

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

25

Недоліки:

- 1) Низька продуктивність;

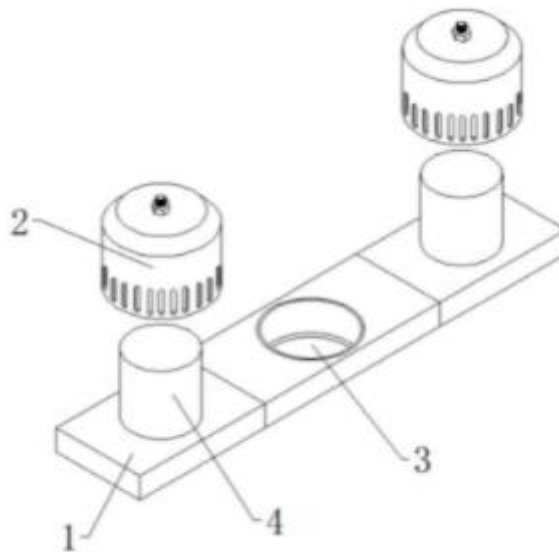
В патенті [8] рисунок 3.4 тарілка масообмінного апарата з отворами для зливу, для забезпечення покращення робочого навантаження і ефективності, у якому тарілка (1), яка відрізняється тим, що: ковпачок (2) розташований зверху тарілки (1). З боку і між ковпачками (2) з внутрішньої сторони розташовані решітчасті отвори (3).

Переваги:

- 1) Вища ефективність порівняно з аналогами;
- 2) Покращене робоче навантаження;
- 3) Простота конструкції;

Недоліки:

- 1) Низька продуктивність;
- 2) Високий гідравлічний опір;



1-тарілка, 2-ковпачок, 3-зливний отвір, 4-газовий патрубок.

Рисунок. 3.4. – Ковпачкова тарілка

В патенті [9] рисунок 3.5. Технічним результатом пропонованої конструкції ковпачкової тарілки є збільшення продуктивності.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

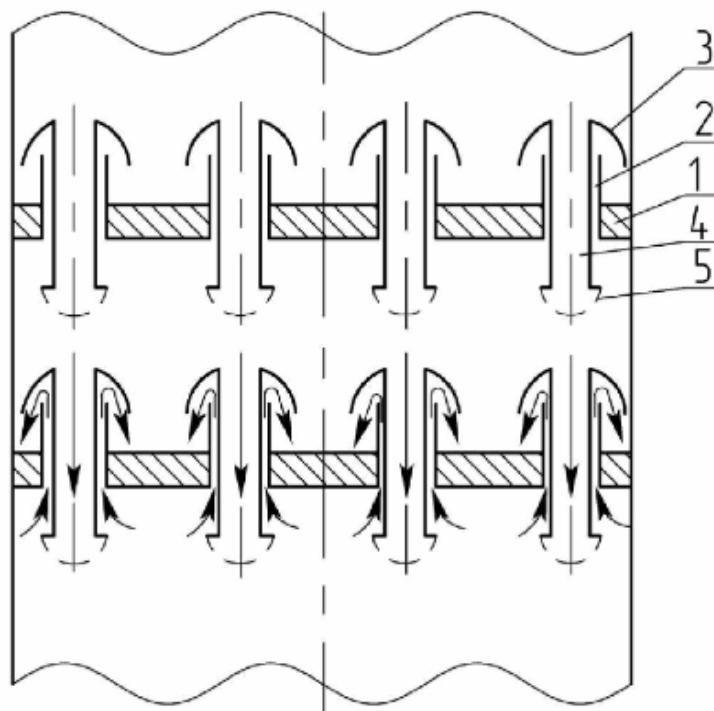
Поставлений технічний результат досягається тим, що на ковпачковій тарілці, що складається з плити з розташованими на ній паровими патрубками, ковпачками, переливними трубами, які рівномірно розподілені на плиті тарілки і забезпечені в нижній частині розпилювачами рідини, причому переливні труби осесиметрично розташовані в парових патрубках і кріпляться безпосередньо до самого ковпачку.

Переваги:

- 1) Висока продуктивність;
- 2) Висока ефективність;

Недоліки:

- 1) Складність виготовлення;
- 2) Складність ТО;



1-тарілка; 2-патрубок; 3-ковпачок; 4-переливна труба; 5-розпилювачі.

Рисунок. 3.5. – Ковпачкова тарілка

В патенті [10] рисунок 3.6. з метою збільшення економічності, стабільності, практичності та ефективності пропонується виконувати патрубок, що в перерізі

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

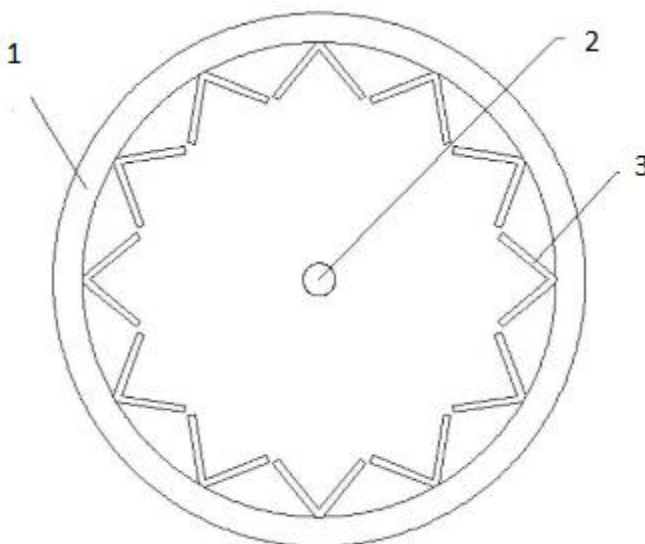
буде мати вигляд 12-тикутної зірки, вписаної в переріз ковпачка. В щілинах між ковпачком і патрубком буде проходити пар.

Переваги:

- 1) Простота конструкції;
- 2) Надійність конструкції;

Недоліки:

- 1) Складність в обслуговуванні;
- 2) Збільшення енергозатрат.



1-ковпачок, 2-шпилька, 3- патрубок.

Рисунок.3.6. – Ковпачок

Висновок:

Таким чином патентний пошук встановив, що основними напрямками вдосконалень є збільшення ефективності роботи та модифікації направлені на одночасне виконання декількох операцій. Розроблена модель не використовує попередні ідеї інших досліджень, апарат є патентно чистим.

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

28

## 4. Охорона праці

Згідно закону України про охорону праці на нові машини, механізми, обладнання [11] необхідно розробити нешкідливі та безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, потрібно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно зі встановленими зразками.

Створення здорових та безпечних умов праці обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування розробити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Тема проекту: Модернізація ректифікаційної колони відділення рекуперації ацетону. Комплексний проєкт.

Ректифікаційна колона рекуперації ацетону розміщена в приміщенні довжиною 30м, шириною 10м, висотою 6м (1800 м<sup>3</sup>).

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі та обслуговуванні лінії є:

- 1) Електробезпека;
- 2) Освітлення;
- 3) Шум і вібрації;
- 4) Повітря робочої зони;
- 5) Пожежна безпека.

Розробка заходів по охороні праці, щодо усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів наведена далі.

### 4.1. Електробезпека

Устаткування лінії, що розробляється в проєкті буде знаходитись в сухому приміщенні з температурою і вологістю повітря, що відповідають [12]. Підлога приміщення залізобетонна. Згідно [12] воно відноситься до приміщень з підвищеною безпекою. На пульті управління машиніста напруга

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						29
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$U = 220 \text{ В}$ , частота  $f = 50 \text{ Гц}$ . Тип електромережі змінний із ізольованою нейтраллю.

Причини ураження обслуговуючого персоналу можуть бути такими:

- помилкове включення установки;
- замикання на корпусі;
- випадки дотику людей до відкритих струмопровідних частин електроустановки;
- старіння ізоляції і втрата нею ізоляційних властивостей;

Основними заходами від ураження електричним струмом є:

1) ізоляція струмопровідних частин пульта керування ( $R \geq 0,5 \text{ мОм}$ );  
2) застосування малих напруг і електричний поділ мереж. Для забезпечення безпеки електроспоживачів застосовується напруга до 42 В.

3) захисне занулення;  
4) рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;  
5) при роботі з електроінструментом, застосовуються індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

6) автоматичне блокування електроустановки (протягом не більш 0,2 сек.)

Забороняється:

- 1) проводити роботи на вузлах лінії;
- 2) проводити ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;
- 3) залишати лінію, що працює без нагляду;
- 4) допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і перевірку знань по питанням охорони безпеки праці.
- 5) проводити роботи в аварійному режимі лінії.

В аварійному режимі захисне заземлення  $R_{\text{заз}} = 3,8 \text{ Ом}$ . Принцип захисту захисного заземлення у випадку мережі з ізольованою нейтраллю на рисунку 1.1

Біля затисків заземлення нанесені незмивні червоні знаки “Земля”.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур

Небезпечними елементами в установці є:

- поверхні колон, теплообмінників;
- поверхні двигунів.

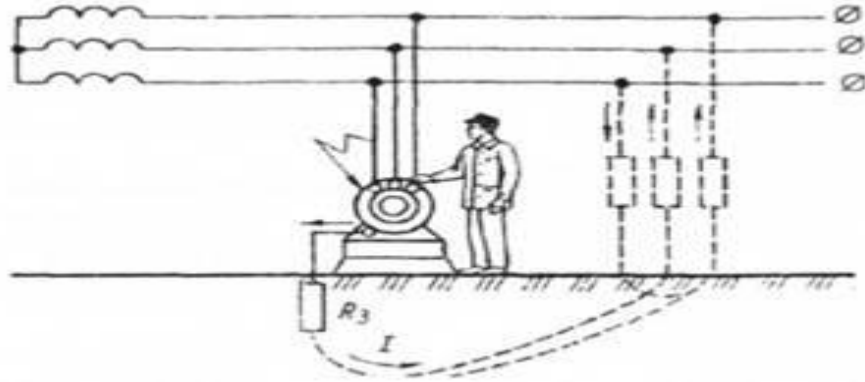


Рисунок 4. 1 – Замикання на приладі, підключеного до мережі з Ізольованою нейтраллю.

#### 4.2. Освітлення

Так як приміщення без віконних проїомів, то під час роботи освітлення штучне. Характеристика зорових робіт середньої точності: найменший помітний об'єкт має розмір більше 1мм. Характеристика фону – світлий, контраст об'єкта різниці з фоном – великий.

В приміщенні встановлено 24 лампи типу ЛОУ з люмінесцентними лампами типу ЛД–80–4, що буде забезпечувати освітлення  $E_f = 200$  лк. Так як  $E_f > E_n = 150$  лк, то освітлення приміщення відповідає нормам [13].

#### 4.3. Шум і вібрація

Джерелом шуму при роботі обладнання є насоси;

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Рівень шуму в джерелі складає  $L=100$  дБА.

Для зменшення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться;
- застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів;
- звукоізоляція устаткування за допомогою кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо.

При виконанні заходів по зменшенню виробничого шуму, його фактичні показники не перевищуватимуть 70дБА згідно [14].

Джерелом вібрації є насоси і обертові вентиляційних систем. Вібрації виникають внаслідок неточності установки частин, що обертаються, нещільного з'єднання корпусів обертових частин до фундаменту.

Усунення впливу вібрації досягається наступними заходами:

- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання;
- використання гумових прокладок в якості амортизаторів;
- проектування додаткових ребер жорсткості.

Сумарний час роботи в контакт з вібрацією не перевищує  $2/3$  робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

#### 4.4. Повітря робочої зони

Категорія робіт: легка Іб, умови відповідають [15]ГОСТ 12.1.005-88 і забезпечуються наступними заходами:

- в холодну пору року підігрів приміщення відбувається завдяки подачі в батареї технічної води, яка нагріта до температури  $50 \div 60^{\circ}\text{C}$ ;
- в теплу пору року – природна вентиляція через верхні пройоми.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Під час роботи виробництва відбувається викид парів ацетону в приміщення, для видалення токсичного пару з повітря встановлена місцева вентиляція у вигляді витяжних зонтів. Також в цеху встановлена вентиляція.

#### 4.5. Пожежна безпека

Промислові рекуперативні установки відносяться до категорії найбільш пожаро- і вибухонебезпечних. Проблеми безпеки виробництва при роботі з парами летучих розчинників визначаються легкою займистістю й горючістю летучих розчинників, можливістю утворення вибухових сумішей пари розчинників з повітрям, а також токсичністю більшості розчинників, що застосовуються. Ці особливості повинні враховуватися при проектуванні й експлуатації рекуперативних установок. У першу чергу варто піклуватися про те, щоб не допустити утворення небезпечних вибухових і токсичних концентрацій. Максимально припустима концентрація пар розчинника не повинна перевищувати 20% нижньої концентраційної межі загорання пари розчинника в суміші з повітрям. Це досягається максимальною герметизацією всіх апаратів і комунікацій, а також їх характеристик у належному стані. Для виконання вищевказаних умов безпечної роботи необхідно скоротити при проектуванні до мінімуму число різних сполук в устаткуванні й комунікаціях; всі повітряні ємності і апарати, у яких перебуває летучий розчинник, або сполучення з атмосферою через вогнеперешкоди, або підключати до системи рекуперації, а трубопроводи для відводу повітря, що містять хоча б і незначну кількість пари розчинника, повинні виводитися із приміщення через дах, покритий негорючим матеріалом.

На рекуперативних установках за насосами, призначеними для транспортування паро-повітряної суміші, передбачаються аварійні вихлопні труби із засувками, що дозволяють при необхідності виводити паро-повітряну суміш у трубу загальної промислової вентиляції, не припиняючи відсмоктування пари розчинників із приміщень основного виробництва.

Крім того, з метою забезпечення безпечної роботи необхідно виключити

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

можливість утворення іскор усередині встаткування, трубопроводів й у приміщеннях, де виробляється рекуперація. Для виконання цієї умови насоси, використовувані при транспортуванні паро-повітряної суміші, повинні бути

вибухобезпечного типу, а електродвигуни – або у вибухобезпечному виконанні,

або винесені в інше приміщення, ізольоване від колони. Застосування пасових передач не дозволяється, тому що при ковзанні приводних ременів у шківках відбувається виникнення зарядів статичної електрики, що може привести до утворення іскор. Всі механізми, апарати й комунікації, у яких можливе виникнення статичної електрики, необхідно ретельно заземлювати. З метою обережності варто заземлювати також все технологічне встаткування й комунікації. Категорично забороняється на діючій установці робити роботи, пов'язані з використанням відкритого вогню.

Чищення й ремонт устаткування й трубопроводів, а особливе проведення робіт з використанням відкритого вогню на рекупераційній установці, вимагають ретельної підготовки, здійснюваної по заздалегідь складеному плані, що передбачає операції по зупинці всієї установки або тільки ремонтуємого, звільненню від вмісту, зняттю тиску, промиванню, розкриттю й т.д. Технологічна бригада, що обслуговує установку, бере безпосередню участь у здійсненні цього плану. Всі роботи по підготовці зазначених операцій повинні заноситися в спеціальний журнал, по записах у якому можна встановити стан того або іншого на період зміни бригад.

Варто підкреслити, що всі ремонтні роботи виробляються тільки з дозволу майстра установки або начальника зміни.

Ремонтні роботи, пов'язані із зануренням робітника усередину апаратів (адсорберів, цистерн, баків і т.д.), виробляються тільки після видалення з них парів розчинника.

Спускатися в середину дозволяється тільки в шланговому протигазі, що складається з гумового шолома й гофрованої трубки, виведеної з апарата в атмосферу.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						34
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

При проведенні ремонтних робіт на рекупераційній установці з використанням відкритого вогню повинні бути наведені в готовність всі засоби пожежогасіння.

Дана лінія призначена для регенерації ацетону, який є горючою речовиною, що здатний горіти в повітрі нормального складу при температурі до 900°C.

У виробничому цеху, де працює лінія може горіти: вугілля сорбційне, ацетон у вигляді пару та рідини, машинне масло, електропроводка, електрообладнання. На основі цього приміщення, де знаходиться обладнання лінії, відноситься до категорії „А” [16], і класу зони П–І, що відповідає [12].

В якості засобів гасіння пожежі використовують вуглекислі вогнегасники ОУ-8 (5 шт.), щити (5 шт.) і ящики з піском (3 шт.), котрі знаходяться на видних і загальнодоступних місцях.

В якості засобів оповіщення встановлена пожежна сигналізація із термооповіщувачами.

Висновок:

Даний розділ дипломного проекту ставить своєю задачею проаналізувати й розробити наступні заходи безпеки, що виникають при проектуванні ділянки рекуперації парів ацетону:

- електробезпечність технологічних процесів і устаткування;
- пожежна безпека;

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						35
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 5. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

### 5.1. Матеріальний баланс

Метою розрахунку є складення матеріального балансу і визначення витрат кубового залишку та дистиляту, що отримуються із початкової суміші (ацетон-вода), витрата якої задається.

Вихідні дані до розрахунку:

Витрата початкової суміші  $G_F$ , кг/с 1;

Склад рідин по легколетучому компоненту, % масові:

вихідної суміші  $x_F$  19;

дистиляту  $x_D$  89;

кубового залишку  $x_W$  1.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.1.

Розрахунок ведеться відповідно до алгоритму наведеному у [17].

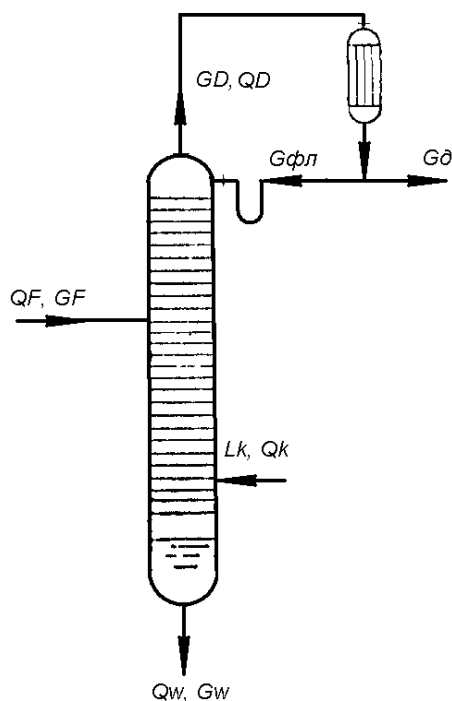


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема ректифікаційної колони

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

36

Зробимо наступні припущення, що майже не впливають на фактичні умови протікання процесу, але значно спрощують розрахунок:

1. склад пари, що надходить з колони до дефлегматора ( ), та склад флегми, що повертається до колони ( ), однакові  $y_D = x_D$ ;

2. склад пари, що піднімається в колону ( $y_W$ ), дорівнює складу рідини в кубі ( $x_W$ ), тобто  $y_W = x_W$ .

Матеріальний баланс ректифікаційної колони:

$$G_F = G_D + G_W,$$

$$G_F x_F = G_D x_D + G_W x_W,$$

де  $G_F, G_D, G_W$  – масові витрати живлення, дистилята та кубового залишку;

$x_F, x_D, x_W$  – вміст легколетючого компонента в живленні, дистиляті та кубовому залишку відповідно.

Розв'язок рівнянь дозволяє визначити масові витрати дистиляту та кубового залишку:

$$G_D = G_F \frac{\bar{x}_F - \bar{x}_W}{\bar{x}_D - \bar{x}_W} = 1 \frac{19 - 1}{89 - 1} = 0,205 \text{ кг/с.}$$

$$G_W = G_F \frac{\bar{x}_D - \bar{x}_F}{\bar{x}_D - \bar{x}_W} = 1 \frac{89 - 19}{89 - 1} = 0,795 \text{ кг/с.}$$

Висновок: розрахована масова витрата дистиляту, яка складає 0,205 кг/с і кубового залишку – 0,795 кг/с.

## 5.2 Розрахунок флегмового числа

Мета розрахунку – визначення оптимального флегмового числа  $R$ , при якому повинен відбуватися процес. Значення робочого флегмового числа дозволяє розрахувати масові витрати стікаючої по колоні флегми та парів, що піднімаються.

Вихідні дані до розрахунку:

Витрата дистиляту, кг/с 0,205;

Склад рідин по легколетючому компоненту, % масові:

вихідної суміші  $x_F$  19;

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

дистиляту  $x_D$

89;

кубового залишку  $x_W$

1.

Вихідним при виборі флегмового числа є його мінімальне значення. Точне визначення  $R_{min}$  можливе ітераційними методами. На практиці звичайно для знаходження  $R_{min}$  обмежуються визначенням гранично можливого положення робочих ліній процесу. За цієї методики [18]  $R_{min}$  визначимо за формулою:

$$R_{min} = \frac{x_D - y_F^*}{y_F^* - x_F}$$

На діаграмі  $x - y$  будемо лінію рівноваги та лінію рівних концентрацій (рисунок 5.2. Для побудови лінії рівноваги використовуємо дані з таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення для рівноважної кривої для суміші ацетон – вода

Температура, °C	Рівноважний склад рідини X, у молярних %	Рівноважний склад пари Y в молярних %
100	0	0
77,9	5	60,3
69,6	10	72,0
64,5	20	80,3
62,6	30	82,7
61,6	40	84,2
60,7	50	85,5
59,8	60	86,9
59,0	70	88,2
58,2	80	90,4
57,5	90	94,3
56,9	100	100

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

38

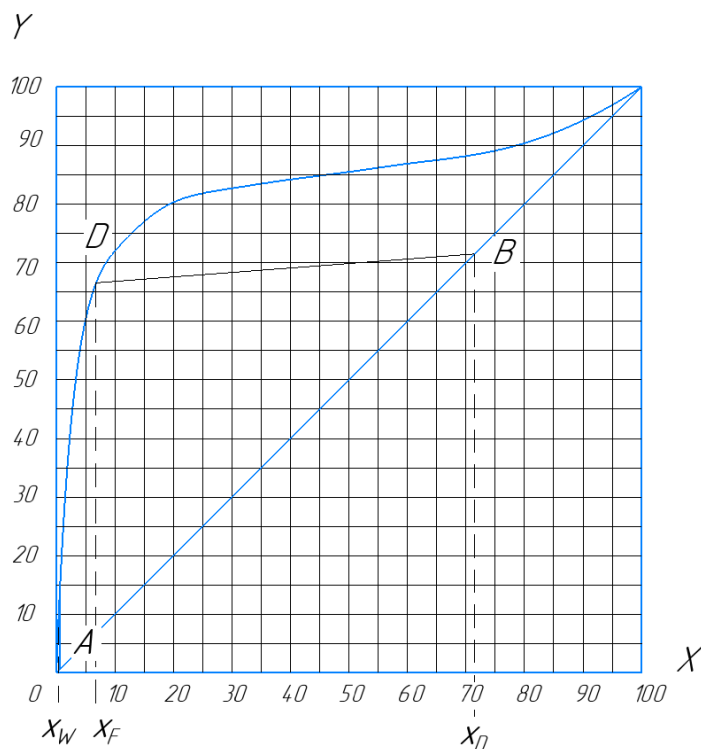


Рисунок 5.2 – Лінія рівноваги на діаграмі  $x - y$

Переведемо масові долі легколетючого компонента в продуктах в мольні:

$$x_F = \frac{\frac{\bar{x}_F}{M_{C_3H_6O}}}{\frac{\bar{x}_F}{M_{C_3H_6O}} + \frac{(1-x_F)}{M_{H_2O}}} = \frac{0,19/58}{0,19/58 + (1-0,19)/18} = 0,068 \text{ кмоль/кмоль,}$$

$$x_D = \frac{\frac{\bar{x}_D}{M_{C_3H_6O}}}{\frac{\bar{x}_D}{M_{C_3H_6O}} + \frac{(1-x_D)}{M_{H_2O}}} = \frac{0,89/58}{0,89/58 + (1-0,89)/18} = 0,715 \text{ кмоль/кмоль,}$$

$$x_W = \frac{\frac{\bar{x}_W}{M_{C_3H_6O}}}{\frac{\bar{x}_W}{M_{C_3H_6O}} + \frac{(1-x_W)}{M_{H_2O}}} = \frac{0,01/58}{0,01/58 + (1-0,01)/18} = 0,00313 \text{ кмоль/кмоль,}$$

де  $M_{C_3H_6O}$  - мольна маса ацетону спирту,  $M_{C_3H_6O} = 58$  кг/кмоль;

$M_{H_2O}$  - мольна маса води,  $M_{H_2O} = 18$  кг/кмоль.

З діаграми визначаємо:  $y_F^* = 0,645$  кмоль/кмоль. Тоді:

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$R_{min} = \frac{x_D - y_F^*}{y_F^* - x_F} = \frac{0,715 - 0,645}{0,645 - 0,068} = 0,122.$$

Оптимальне флегмове число R було знайдене відповідно до мінімального значення  $N \cdot (R+1)$ , припускаючи, що ця величина є пропорційною об'єму колони (N — число теоретичних тарілок) відповідно до методики описаної у [18].

Результати використання різних значень флегмового числа R та подальшої обробки отриманих результатів наведені у таблиці 5.2. Графічну залежність  $N \cdot (R+1) = f(R)$  наведено на рисунку 5.3.

Задаємо декілька значень флегмового числа і за рівнянням робочої лінії розраховуємо відповідні значення концентрації:

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку оптимального флегмового числа

R	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
n	6	5	5	5	5	5
$n(R+1)$	6.9	6	6.3	6.5	6.8	7

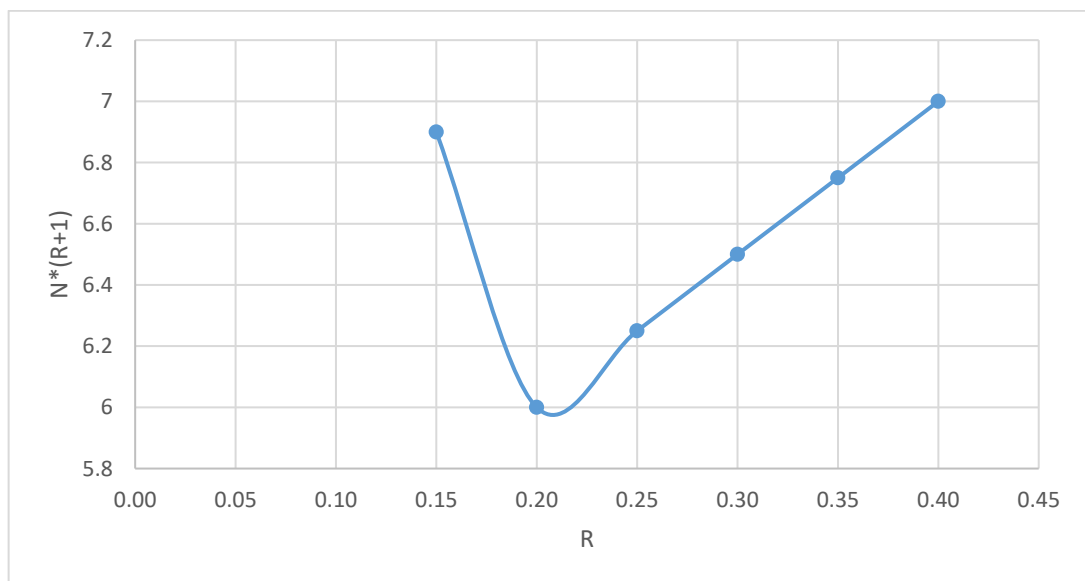


Рисунок 5.3 — Залежність об'єму колони від флегмового числа R

Аналізуючи отриманий результат бачимо, що найменший об'єм колона буде займати при  $R = 0.21$ .

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

40

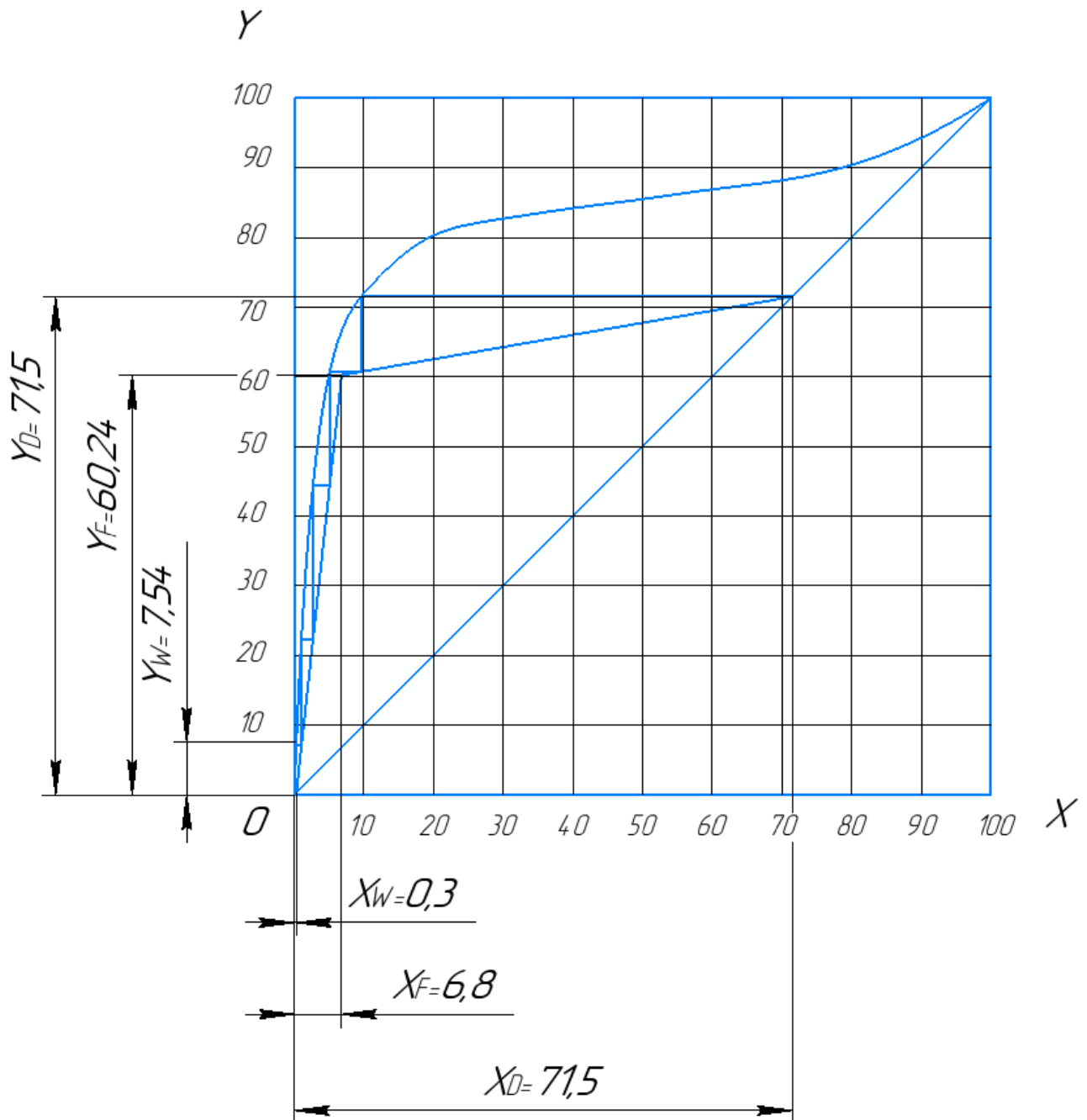


Рисунок 5.4 — Кількість теоретичних тарілок при  $R = 0.21$ .

### 5.3. Визначення об'ємів і об'ємних швидкостей пари та рідини, що проходять через колону

Середня мольна густина рідини,  $\text{кг/м}^3$ :

$$\rho = \rho_A \cdot x'_A + \rho_B \cdot (1 - x'_A) = 723,4 \cdot 0,32 + 973,2 \cdot (1 - 0,32) = 893,3.$$

де  $\rho_A, \rho_B$  — густини компонентів А та В відповідно,  $x'_A$  — масова частка цільового компонента.

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

41

Густина пари, кг/м<sup>3</sup>:

-у верхній частині колони:

$$\rho_{п.в} = \frac{M_B \cdot T_0}{22.4 \cdot (T_0 + t_{с.в})} = \frac{33.6 \cdot 273}{22.4 \cdot (273 + 66.9)} = 1.207$$

-у нижній частині колони:

$$\rho_{п.н} = \frac{M_H \cdot T_0}{22.4 \cdot (T_0 + t_{с.н})} = \frac{19.4 \cdot 273}{22.4 \cdot (273 + 86.7)} = 0.658$$

Середня мольна частка пари, кг/кмоль:

$$M_{ср.п} = M_A \cdot y_{A,ср} + M_B \cdot (1 - y_{A,ср}) = 58 \cdot 0.532 + 18 \cdot (1 - 0.532) = 39.3.$$

Тут  $y_{A,ср}$  — середня мольна концентрація компонента А у парах.

Масовий потік пари, кг/с:

-у верхній частині колони:

$$G_B = G_D \cdot (R + 1) \cdot \frac{M_B}{M_D} = 0.205 \cdot (0.21 + 1) \cdot \frac{33.6}{46.6} = 0.179$$

-у нижній частині колони:

$$G_H = G_D \cdot (R + 1) \cdot \frac{M_H}{M_D} = 0.205 \cdot (0.21 + 1) \cdot \frac{19.42}{46.6} = 0.103$$

Масовий потік рідини, кг/с:

-у верхній частині колони:

$$L_B = G_D \cdot R \cdot \frac{M_B}{M_D} = 0.205 \cdot 0.21 \cdot \frac{33.6}{46.6} = 0.031$$

-у нижній частині колони:

$$L_H = G_D \cdot R \cdot \frac{M_H}{M_D} + G_F \cdot \frac{M_H}{M_F} = 0.205 \cdot 0.21 \cdot \frac{19.42}{46.6} + 1 \cdot \frac{19.42}{20.71} = 0.955$$

#### 5.4. Розрахунок тарілок

Метою є визначення діаметрів тарілок.

Розрахунок ковпачкових масообмінних тарілок виконано на основі методики викладеної у [17].

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Об'ємні витрати пари, м<sup>3</sup>/с:

- у верхній частині колони

$$V_{п.в} = \frac{G_B}{\rho_{п.в}} = \frac{0.179}{1.21} = 0.148$$

- у нижній частині колони

$$V_{п.н} = \frac{G_H}{\rho_{п.н}} = \frac{0.103}{0.658} = 0.157$$

Середні об'ємні витрати: 0.152 м<sup>3</sup>/с.

С – коефіцієнт, що залежить від конструкції тарілок, відстані між ними, тиску і навантаження колони по рідині. Визначається по графіку, рисунок 5.5 [8, ст. 323].

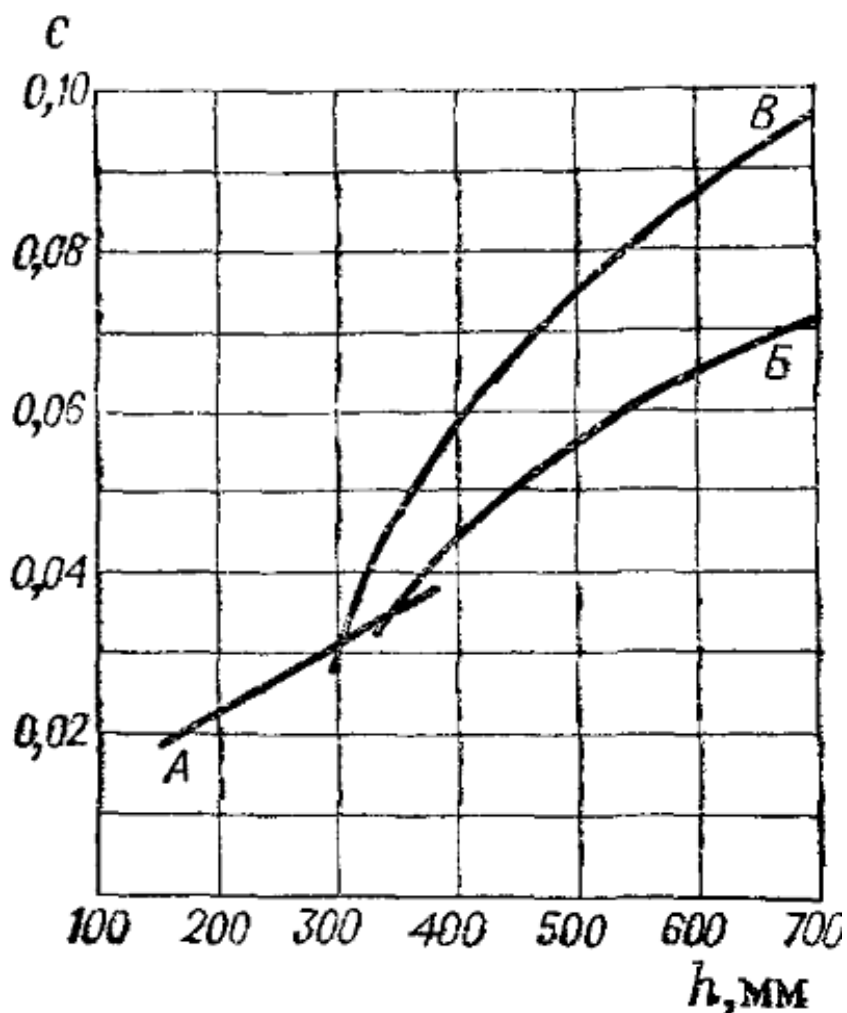


Рисунок 5.5 — Значення коефіцієнта С: А, Б – ковпачкові тарілки з круглими ковпачками; В – ситчасті тарілки.

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

43

Оптимальна швидкість газу, м/с:

-у верхній частині:

$$\omega_{\text{опт.в}} = C \sqrt{\frac{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{п.в}}}{\rho_{\text{п.в}}}} = 0.055 \sqrt{\frac{848,2 - 1,21}{1,21}} = 0,37$$

-у нижній частині:

$$\omega_{\text{опт.н}} = C \sqrt{\frac{\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{п.н}}}{\rho_{\text{п.н}}}} = 0.055 \sqrt{\frac{941,5 - 0,658}{0,658}} = 0,43$$

Після цього необхідно перевірити відповідність відстані між тарілками до діаметра, таблиця 5.3, та уточнити ці параметри, якщо є така необхідність.

Таблиця 5.3 Значення оптимальних параметрів колони.

D <sub>к</sub> , м	0-0,6	0,6-1,2	1,2-1,8	1,8 і більше
H, м	0,15	0,3	0,46	0,6 і більше

Діаметр колони, м:

-у верхній частині:

$$D_{\text{к.в}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{п.в}}}{\pi \cdot \omega_{\text{опт.в}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.148}{\pi \cdot 0.4}} = 0.687$$

-у нижній частині:

$$D_{\text{к.н}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{п.н}}}{\pi \cdot \omega_{\text{опт.н}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.157}{\pi \cdot 0.4}} = 0.706$$

Приймаємо стандартний діаметр колони у верхній і нижній частині рівній 0.8 м.

Уточняємо швидкість парової фази, м/с:

$$\omega_{\text{п}} = \frac{4V_{\text{п}}}{\pi D_{\text{к}}^2} = \frac{4 \cdot 0,152}{\pi \cdot 0,8^2} = 0,303.$$

## 5.5. Визначення ККД тарілки

За літературними даними [20] ККД тарілки змінюється в межах від 0,2 до

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

0,9. При визначенні ККД скористаємося узагальненим графіком залежності ККД від добутку відносної леткості  $\alpha$  на динамічний коефіцієнт в'язкості  $\mu$  (в спз).

Відносна леткість:

$$\alpha = \frac{P_{C_3H_6O}}{P_{H_2O}} = \frac{833,2}{142,7} = 5,84,$$

де  $P_{C_3H_6O}$  і  $P_{H_2O}$  – тиск насиченого пара низькокиплячого і висококиплячого компонента

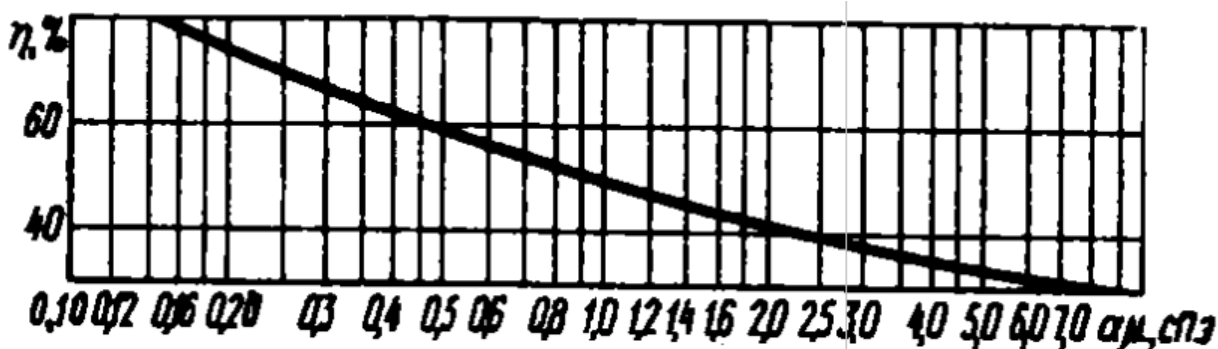


Рисунок 5.6 — Графік для визначення ККД тарілки [3]

У розрахунку використовується середнє значення, що визначається як середнє арифметичне:

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3}{3} \cdot k = \frac{0,42 + 0,42 + 0,44}{3} \cdot 1,1 = 0,469$$

де  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  — ККД відповідно тарілки живлення, верхньої і нижньої частини колони.

$k$  — коефіцієнт модернізації.

Кількість дійсних тарілок:

- у верхній частині:

$$n = \frac{n_{\text{т.в}}}{\eta_{\text{ср}}} = \frac{1}{0,469} = 2,131,$$

приймаємо 3

- у нижній частині:

$$n = \frac{n_{\text{т}}}{\eta_{\text{ср}}} = \frac{4}{0,469} = 8,523,$$

приймаємо 9

де  $n_T$  – кількість теоретичних тарілок (теоретичних ступенів зміни концентрації), визначається зі схеми робочого процесу, рисунок 4.4.

Висота тарілчастої частини колони, м:

$$H_T = (n_B - 1)h_B + n_H h_H = H_T = (3 - 1) \cdot 0,3 + 9 \cdot 0,3 = 3,3$$

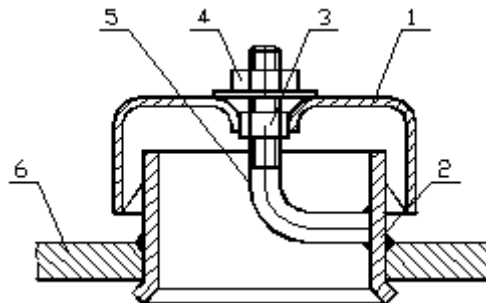
Висота колони, м:

$$H = H_T + H_B + H_H = 3,3 + 0,6 + 1,5 = 5,4, \text{ де}$$

де  $H_B$  — висота сепараційної частини колони, м;  $H_H$  — відстань від нижньої тарілки до днища;  $n$  — кількість тарілок;  $h$  — відстань між тарілками. Значення  $H_B$  та  $H_H$  обираємо відповідно до рекомендацій наведених у [21, ст. 130].

## 5.6. Розрахунок ковпачків

Метою розрахунку є визначення розмірів і кількості ковпачків. Схема ковпачка наведена на рисунку 5.7. Методика розрахунку наведена у [17].



1—ковпачок; 2-патрубок; 3,4-гайки; 5-шпилька; 6-тарілка.

Рисунок. 5.7 – Схема ковпачка

Площа перерізу колони, м<sup>2</sup>:

$$S = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} 0,8^2 = 0.503$$

Загальна площа перерізу патрубків, м<sup>2</sup>:

$$S_{\Pi} = S\varphi = 0.503 \cdot 0.093$$

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

де  $\varphi$  відносний вільний переріз тарілки.

Обираємо круглі ковпачки. При стандартних патрубках з внутрішнім діаметром  $d_{\Pi} = 50$  мм, площа перерізу одного патрубка,  $m^2$ :

$$s_1 = \frac{\pi}{4} d_{\Pi}^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 0.05 = 0.001963$$

Кількість патрубків і ковпачків складає:

$$n_k = \frac{S_{\Pi}}{s_1} = \frac{0.46}{0.001963} = 23.55$$

Приймаємо найближче більше ціле значення 24.

Визначаємо розміри ковпачка.

Площа між верхнім краєм газового патрубка та ковпачком  $s_2$ ,  $m^2$ :

$$s_2 = \pi d_{\Pi} h$$

де  $h$  – відстань по вертикалі від верхнього краю патрубка до ковпачка.

З умови  $s_1 = s_2$  знаходимо,  $m$ :

$$h = \frac{s_1}{\pi d_{\Pi}} = \frac{0.001963}{\pi \cdot 0.05} = 0.013$$

Площа кільцевого простору між газовим патрубком і ковпачком  $s_3$ ,  $m^2$ :

$$s_3 = \frac{\pi}{4} (d_k^2 - D_{\Pi}^2)$$

де  $d_k$  – внутрішній діаметр ковпачка;  $D_{\Pi}$  – зовнішній діаметр ковпачка

З умови  $s_1 = s_3$  знаходимо (при  $D_{\Pi} = 54$  мм),  $m$ :

$$d_k = \sqrt{D_{\Pi}^2 + \frac{s_3}{0,785}} = \sqrt{0.054^2 + \frac{0.001963}{0,785}} = 0.074$$

Приймається ковпачок найближчого стандартного типорозміру, 80мм.

Кількість прорізей приймаємо стандартну, 26 штук.

Площа перерізу однієї прорізі,  $m^2$ :

$$s_{\text{пр}} = bl = 0.005 \cdot 0.02 = 0.0001$$

Фактичний живий переріз у прорізях ковпачків на одній тарілці,  $m^2$ :

$$S_0 = n_k n_{\text{пр}} s_{\text{пр}} = 24 \cdot 26 \cdot 0.0001 = 0.062,$$

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

звідки

$$\varphi = \frac{S_0}{S} = \frac{0,062}{0,503} = 0,124$$

Швидкість газу у прорізах, м/с:

$$\omega_0 = \frac{\omega}{\varphi} = \frac{0,3}{0,124} = 2,44$$

Висновок:

В результаті розрахунку було визначено, що для відділення рекуперації ацетону з масовою концентрацією ацетону 19% для отримання дистилляту з концентрацією цільового компонента 89% діаметр тарілчастої ректифікаційної колони має бути 0.8 м, а висота – 5.4 м. Загалом ректифікаційна колона має містити 3 тарілки у укріплюючій частині та 9 тарілок у вичерпній частині. Тарілки мають бути виготовлені відповідно до вимог [6] та мають містити по 24 ковпачки діаметром 80 мм.

Тарілка 800 – 1 – 500 – 25 – 45 – 12X18Н10Т ОСТ 26 – 01 – 66 – 86

### 5.7. Гідравлічний розрахунок

Метою розрахунку є визначення гідравлічного опору колони. Розрахунок для визначення гідравлічного опору ковпачкових тарілок виконувався відповідно до методики наведеної у [17].

Схема до розрахунку гідравлічного опору тарілки наведена на рисунку 5.8.

Вихідні дані:

Швидкість пари у прорізах ковпачка, м/с..... 2.44  
Об'ємні витрати рідини у верхній частині колони, м<sup>3</sup>/с.....0.000037  
Об'ємні витрати рідини у нижній частині колони, м<sup>3</sup>/с .....0.001  
Поверхневий натяг суміші, мН/м.....17.45

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

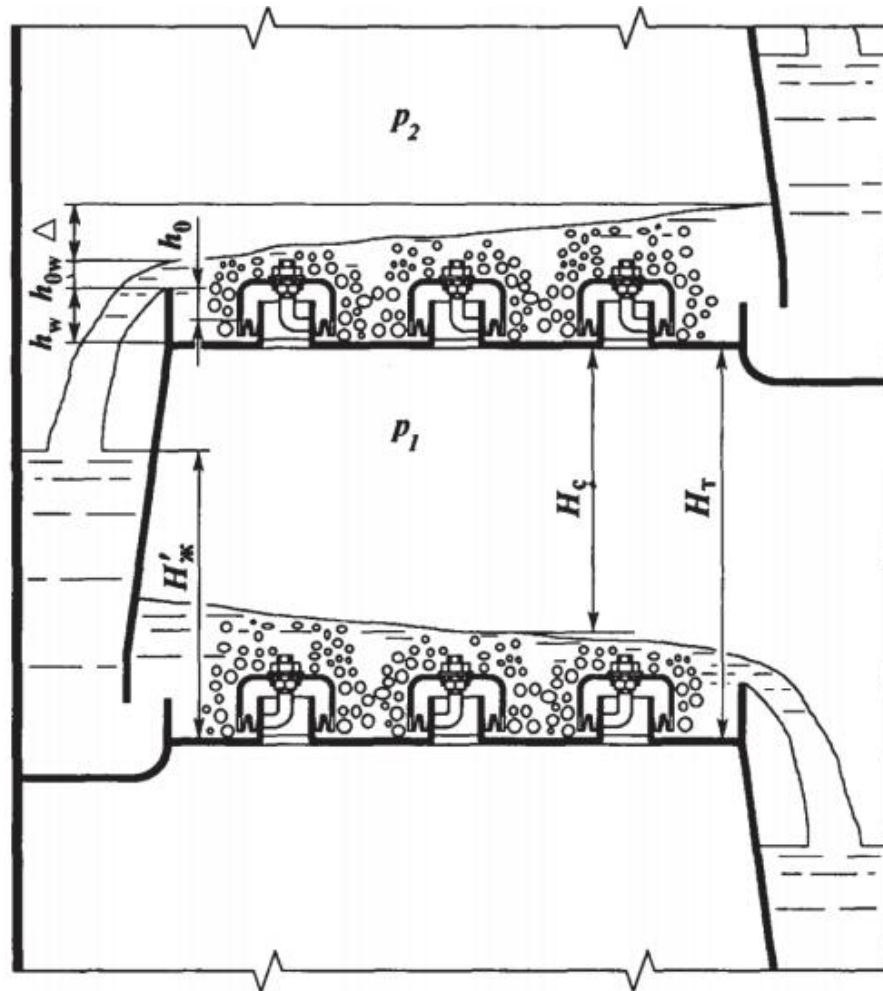


Рисунок 5.8. – Схема роботи ковпачкової тарілки

Для верхньої частини колони:

Опір сухої тарілки, Па:

$$\Delta p_c = \xi \frac{\omega_{\text{пр}}^2}{2} \rho_{\text{п}} = 4,5 \frac{2,44^2}{2} 1,21,$$

де  $\xi$  — коефіцієнт опор, приймається 4,5;

Висота рівня рідини над зливною перегородкою, м:

$$\Delta h_{\text{в}} = \left[ \frac{V_{\text{р}}}{1,85\Pi k} \right]^{\frac{2}{3}} = \left[ \frac{3,66}{1,85 \cdot 0,59 \cdot 0,5} \right]^{\frac{2}{3}} = 0,0009,$$

де  $\Pi$  — периметр зливної перегородки,  $k$  — відношення густини піни до густини чистої рідини (приймається 0,5);

Опір паро-рідинного шару, Па:

$$\Delta p_{\text{г-р}} = 1,3 g k \rho_{\text{в}} \left( l + \frac{e}{2} + \Delta h_{\text{в}} \right) = 1,3 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot 848 \left( 0,02 + \frac{0,02}{2} + 0,0009 \right) = 171,19,$$

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

49

де  $e$  – відстань від верхнього края прорізів до зливної перегородки;  $l$  – висота прорізи.

Еквівалентний діаметр прорізів, м.

$$d_{\text{екв}} = \frac{4bl}{2(b+l)} = \frac{4 \cdot 0,005 \cdot 0,02}{2(0,005+0,02)} = 0,008,$$

де  $b$  – ширина прорізів;  $l$  – висота прорізів.

Опір, створюваний силами поверхневого натягу, Па:

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_{\text{екв}}} = \frac{17,45}{0,008} = 8,725,$$

Гідравлічний опір тарілки, Па:

$$\Delta p_{\text{т.в}} = \Delta p_c + \Delta p_{\text{г-р}} + \Delta p_{\sigma} = 16,21 + 171,19 + 8,73 = 196,12$$

Для нижньої частини колони:

Опір сухої тарілки, Па:

$$\Delta p_c = \xi \frac{\omega_{\text{пр}}^2}{2} \rho_{\text{п}} = 4,5 \frac{2,44^2}{2} 0,66 = 8,8,$$

Опір паро-рідинного шару, Па:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{г-р}} &= 1,3 g k \rho_{\text{в}} \left( l + \frac{e}{2} + \Delta h_{\text{в}} \right) = 1,3 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot 893,3 \left( 0,02 + \frac{0,02}{2} + 0,0086 \right) \\ &= 219,8, \end{aligned}$$

Опір, створюваний силами поверхневого натягу, Па:

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_{\text{екв}}} = \frac{19,2}{0,008} = 9,6$$

Гідравлічний опір тарілки, Па:

$$\Delta p_{\text{т.н}} = \Delta p_c + \Delta p_{\text{г-р}} + \Delta p_{\sigma} = 8,83 + 219,8 + 9,6 = 238,2$$

Гідравлічний опір колони, Па:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{т.н}} \cdot n_{\text{т.н}} + \Delta p_{\text{т.в}} \cdot n_{\text{т.в}} = 238,2 \cdot 9 + 196,12 \cdot 3 = 2732$$

$n_{\text{т.н.д}}, n_{\text{т.в.д}}$  — відповідно число дійсних тарілок у частинах колони нижче та вище живильної тарілки.

Висновок:

Таким чином, було встановлено, що, при попередньо визначених параметрах,

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ док-т.	Підпис	Дата		

загальний гідравлічний опір ректифікаційної колони складатиме 2732 Па.

### 5.8. Розрахунок діаметра штуцерів

Метою розрахунку є визначення основних параметрів і вибір стандартних штуцерів. Розрахункова схема зображена на рисунку 5.9.

Вихідні дані:

Розрахунковий тиск в середині апарата, $P$ , МПа	0,2.
Допустиме напруження матеріалу, $[\sigma]$ , МПа	175,6 .
Довжина труб, $L$ , м	10.
Масова витрата вихідної суміші, $M_{\text{суміші}}$ , кг/с	1.
Масова витрата водяної пари, $M_{\text{пари}}$ , кг/с	1,1.
Густина пари, кг/м <sup>3</sup>	0,598.
Густина парів суміші, кг/м <sup>3</sup>	0,932 .
Густина дистилляту, кг/м <sup>3</sup>	927.
Густина флегми, кг/м <sup>3</sup>	1.
Оптимальна швидкість середовища у штуцері [21] для флегми, вихідної суміші $w_1$ , м/с	1
кубового залишку $w_2$ , м/с	1.5
пари дистилляту та вводу пари $w_3$ , м/с	30

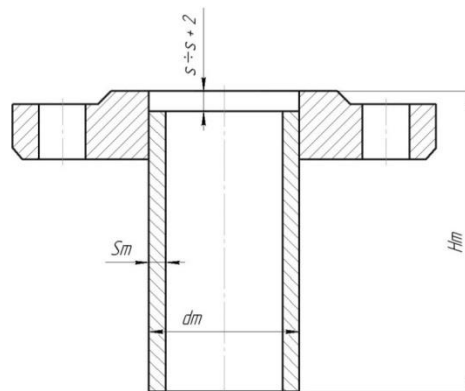


Рисунок 5.9 – Розрахункова схема штуцера

Розрахунок передбачає вибір стандартних штуцерів за тиском і умовним діаметром, що далі визначається. Методика розрахунку згідно [21].

Розраховуємо діаметр штуцера для водяної пари:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{парі}}{\rho_{парі} \cdot \pi \cdot W_{парі}}} \quad (5.1)$$

Обчислюємо діаметр штуцерів для входу флегми:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{ф}}{\rho_{ф} \cdot \pi \cdot W_2}} \quad (5.2)$$

Обчислюємо діаметр штуцерів для виходу конденсату:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{к}}{\rho_{к} \cdot \pi \cdot W_{к}}} \quad (5.3)$$

Обчислюємо діаметр штуцерів для виходу парів суміші:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{ац.вод.}}{\rho_{ац.вод.} \cdot \pi \cdot W_{ац.вод.}}} \quad (5.4)$$

Алгоритм та програма розрахунку діаметрів штуцерів наведені у додатку Б. Результати розрахунків наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Таблиця оптимальних штуцерів

Призначення	Номинальний діаметр, мм	Дійсний діаметр, мм
$d_{вхід.с}$	36	37
$d_{вихід.зал}$	80	67
$d_{вхід.п}$	200	213
$d_{вихід.п}$	250	238

Висновок:

Отже, бути визначені діаметри штуцерів для подачі та відведення усіх речовин, що використовуються у процесі ректифікації.

### 5.9. Розрахунок обичайки

Метою є розрахунок товщини циліндричної обичайки з умови міцності за безмоментною теорією у випадку, коли обичайка навантажена внутрішнім тиском.

Вихідні дані:

Діаметр колони, м.....0,8

Внутрішній тиск, МПа.....0,1

Допустиме напруження матеріалу обичайки за розрахункової температури:

Для сталі марки 12X18H10T  $[\sigma]=175,6$  МПа.

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки, м:

$$S_R = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi_p - p} = \frac{0,2 \cdot 0,8}{2 \cdot 175,6 \cdot 1 - 0,1} = 0,00045,$$

де  $\varphi_p = 1$  - коефіцієнт міцності зварного шва, тому що довжина контрольованих зварних швів становить 100 % від загальної довжини.

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії, м:

$$C_1 = v_{\text{кор}}\tau + C_e = 0,00005 \cdot 20 + 0 = 0,001,$$

де  $v_{\text{кор}}$ -швидкість корозії, м/рік,  $\tau$  – час експлуатації,  $C_e$ - додаток для ерозії.

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні, м.

$$S^1 = S_R + C_1 + C_0 = 0,00045 + 0,001 + 0,00005 = 0,0015$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску, м:

$$C_2 = 0,00013.$$

Сума додатків до розрахункової товщини, м:

$$C = \begin{cases} C_1, \text{ якщо } \frac{C_2+C_3}{S^1} \leq 0,05 \\ C_1 + C_2 + C_3, \text{ якщо } \frac{C_2+C_3}{S^1} > 0,05 \end{cases}$$

									ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

$$\frac{C_2+C_3}{S^1} = \frac{0,00013+0}{0,0015} = 0,087 > 0,05,$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,001 + 0,00013 + 0 = 0,00113,$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки, м:

$$S = S_R + C + C_0 = 0,00045 + 0,00113 + 0,000121 = 0,0017$$

Для обичайок із вуглецевих і низьколегованих сталей  $S \geq \frac{D}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 10^{-3} + 2,5 \cdot 10^{-3} = 3,3 \cdot 10^{-3}$  м.

Перерахунок додатка до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску, м[22]:

$$C_2 = 0,00022.$$

Перерахунок суми додатків до розрахункової товщини, м:

$$C = \begin{cases} C_1, \text{ якщо } \frac{C_2+C_3}{S^1} \leq 0,05 \\ C_1 + C_2 + C_3, \text{ якщо } \frac{C_2+C_3}{S^1} > 0,05 \end{cases}$$

$$\frac{C_2+C_3}{S^1} = \frac{0,00022+0}{0,0015} = 0,015 > 0,05.$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,001 + 0,00022 + 0 = 0,00122.$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул:

$$\frac{S - C}{D} = \frac{0,0033 - 0,00122}{0,8} = 0,0026.$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 175,6 \cdot 1 \cdot (0,0033 - 0,00122)}{0,8 + 0,0033 - 0,00122} = 0,91.$$

Враховуючи можливі додаткові навантаження, які можуть виникнути при транспортуванні і монтажі приймаємо товщину 7 мм.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 175,6 \cdot 1 \cdot (0,007 - 0,00122)}{0,8 + 0,007 - 0,00122} = 2,558$$

Перевірка умови міцності:

$$p \leq [p] = 0,2 \text{ МПа} \leq 2,558 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Висновок: Було визначено, що для даних параметрів товщина обичайки має бути не меншою 7 мм.

### 5.10. Розрахунок товщини і допустимого тиску еліптичного днища

Метою є розрахунок товщини і допустимого тиску еліптичного днища при умові навантаження внутрішнім тиском. Розрахунок здійснюється за методикою [22].

Вихідні дані:

Діаметр колони, м.....0,8

Внутрішній тиск, МПа.....0,1

Внутрішній радіус кривизни у вершині днища, м:

$$R = \frac{D^2}{4h_B} = \frac{0,8^2}{4 \cdot 0,25 \cdot 0,8} = 0,8$$

Розрахункова товщина днища, м:

$$S_{dR} = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi_p - 0,5p} = \frac{0,1 \cdot 0,8}{2 \cdot 175,6 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,1} = 0,00023$$

Виконавча товщина днища у першому наближенні, м:

$$S_d^1 = S_{dR} + C_1 + C_0 = 0,00023 + 0,001 + 0,00007 = 0,0013.$$

$C_0 = 0,00007$  тому, що найближча товщина листового прокату становить 1,3 мм.

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску, м[22]:

$$C_2 = 0,00015$$

Сума додатків до розрахункової товщини, м:

$$C = \begin{cases} C_1, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S_d^1} \leq 0,05 \\ C_1 + C_2 + C_3, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S_d^1} > 0,05, \end{cases}$$
$$\frac{C_2 + C_3}{S_d^1} = \frac{0,00015 + 0}{0,0013} = 0,0116 > 0,05.$$

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,001 + 0,00015 + 0 = 0,00115.$$

Виконавча товщина днища, м:

$$S_d = S_{dR} + C_1 + C_0 = 0,00023 + 0,001 + 0,00007 = 0,0013$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,002 \leq \frac{S_d + C}{D} \leq 0,1 = \frac{0,0013 + 0,00115}{0,8} = 0,001875 \\ 0,2 \leq \frac{h_B}{D} \leq 0,5 = \frac{0,2}{0,8} = 0,25, \end{array} \right.$$

Умова не виконується

Збільшимо товщину днища  $S_d = 0,003$  м.

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,002 \leq \frac{S_d + C}{D} \leq 0,1 = \frac{0,003 + 0,00115}{0,8} = 0,0023 \\ 0,2 \leq \frac{h_B}{D} \leq 0,5 = \frac{0,2}{0,8} = 0,25, \end{array} \right.$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(S_d - C)}{R + 0,5(S_d - C)} = \frac{2 \cdot 175,6 \cdot 1 \cdot (0,003 - 0,00115)}{0,8 + 0,5 \cdot (0,003 - 0,00115)} = 0,81$$

Враховуючи можливі додаткові навантаження, які можуть виникнути при транспортуванні і монтажі приймаємо товщину 7 мм.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(S_d - C)}{R + 0,5(S_d - C)} = \frac{2 \cdot 175,6 \cdot 1 \cdot (0,007 - 0,00122)}{0,8 + 0,5 \cdot (0,007 - 0,00122)} = 2,5$$

Перевірка умови міцності:

$$p \leq [p] = 0,2 \text{ МПа} \leq 2,5 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Висновок: Було визначено, що для даних параметрів товщина еліптичного днища має бути не меншою 7 мм.

### 5.11. Розрахунок опори

Метою розрахунку є перевірка опорної обичайки на міцність та стійкість.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.10.

Розрахунок виконаний відповідно до алгоритму наведеному у [21].

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр опорної обичайки  $D_0$ , м .....0.8

Виконавча товщина опорної обичайки  $S_0$ , м ..... $10 \cdot 10^{-3}$

Сума додатків до розрахункової товщини стінки опорної обичайки  $C_0$  ..... $2 \cdot 10^{-3}$

Сумарний додаток на корозію до діаметра фундаментного болта  $C_B$  ..... $2 \cdot 10^{-3}$

Кількість фундаментних болтів  $n$ , шт ..... 6

Діаметр кола фундаментних болтів  $D_6$ , м ..... 0.96

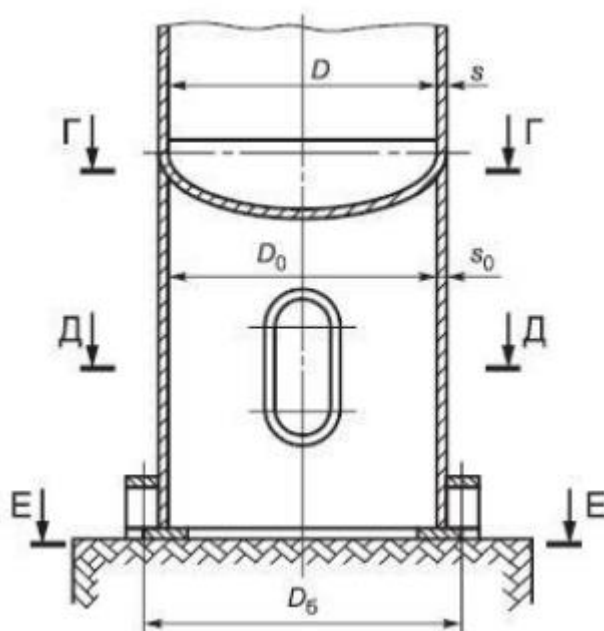


Рисунок 5.10 – Розрахункова схема до розрахунку опорної обичайки

Допустиме напруження та модуль пружності матеріалу опорної обичайки  $[\sigma]$ , МПа:

$$[\sigma] = 177.7$$

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розрахункові навантаження, які діють на опорну обичайку

$$F = G = 659\,400;$$

$$M_{VR} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_V = 0 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M = M_G + \max(M_V, M_{VR}) = 0$$

Загальне мембранне меридіональне напруження в опорній обичайці колонного апарата  $\sigma_{x1}$ , МПа:

$$\begin{aligned}\sigma_{x1} &= \frac{p \cdot (D_o + S_o)}{4 \cdot (S_o - C_o)} - \frac{F}{\pi \cdot D_o \cdot (S_o - C_o)} + \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D_o^2 \cdot (S_o - C_o)} = \\ &= \frac{-0.1 \cdot (0.8 + 0.02)}{4 \cdot (0.02 - 0.002)} - \frac{0.1805}{3.14 \cdot 0.8 \cdot (0.01 - 0.002)} + 0 = -11.509.\end{aligned}$$

Загальне мембранне меридіональне напруження в опорній обичайці колонного апарата,  $\sigma_{x2}$ , МПа:

$$\sigma_{x2} = \sigma_{x1} = -11.509$$

Загальні мембранні кільцеві напруження  $\sigma_y$ , Па:

$$\sigma_y = \frac{p \cdot (D_o + S_o)}{2 \cdot (S_o - C_o)} = \frac{-0.1 \cdot (0.8 - 0.01)}{2 \cdot (0.01 - 0.002)} = -5.06.$$

Еквівалентні напруження в розрахунковому перерізі апарата на стороні, де згинальний момент викликає розтяг  $\sigma_{E1}$ , МПа:

$$\begin{aligned}\sigma_{E1} &= \max(|\sigma_{x1} - \sigma_y|, |\sigma_{x1}|, |\sigma_y|) = \max(|11.509 - 5.06|, |-11.509|, |-5.06|) \\ &= 11.509.\end{aligned}$$

Еквівалентні напруження в розрахунковому перерізі апарата на стороні, де згинальний момент викликає стиск  $\sigma_{E2}$ , МПа:

$$\begin{aligned}\sigma_{E2} &= \max(|\sigma_{x2} - \sigma_y|, |\sigma_{x2}|, |\sigma_y|) = \max(|11.509 - \\ &5.06|, |-11.509|, |-5.06|) = 11.509.\end{aligned}$$

Умова міцності обичайки при спільній дії навантажень:

$$\max(\sigma_{E1}, \sigma_{E2}) \leq 1.2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi;$$

$$\max(11.509, 11.509) = 11.509 \leq 1.2 \cdot 177.7 \cdot 1 = 213.25;$$

$$11.509 \leq 213.25;$$

Умова міцності виконується.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Перевірка міцності зварного шва, що з'єднує корпус апарата з опорною обичайкою:

$$\frac{1}{\pi \cdot D_o \cdot S_o} \cdot \left( \frac{4 \cdot M}{D_o} + F \right) < 0.8 \cdot [\sigma];$$

$$\frac{1}{3.14 \cdot 0.8 \cdot 0.01} \cdot \left( \frac{4 \cdot 0}{0.8} + 0.181 \right) < 0.8 \cdot 177.7;$$
$$7.182 < 142.17;$$

Умова міцності зварного шва виконується.

Перевірка умови для проведення розрахунку фундаментних болтів:

$$M < 0.44 \cdot F \cdot D_6;$$

Проводити розрахунок діаметра і кількості фундаментних болтів не треба.

Мінімальне значення умовної границі плинності за температури 20 °С  
 $R_{0.2}^{20}$ , МПа:

$$R_{0.2}^{20} = 276$$

Допустиме напруження для фундаментних болтів при температурі 20 °С,  
[ $\sigma$ ]<sub>В</sub>, Мпа:

$$n_T = 1.65$$
$$[\sigma]_B = \frac{R_{0.2}^{20}}{n_T} = \frac{276}{1.65} = 100.36$$

Діаметр різьби :

$$d_6 = 30 \text{ мм}$$

Площа найбільш ослабленого поперечного перерізу А, м<sup>2</sup>:

$$A = \pi \cdot D_o \cdot (S_o - C_o) - d_1 \cdot S_o = 3.14 \cdot 0.8 \cdot (0.01 - 0.002) - 0.5 \cdot 0.01 = 0.015$$

Коефіцієнт  $\varphi_1$ :

$$\varphi_1 = \frac{A}{\pi \cdot D_o \cdot (S_o - C_o)} = \frac{0.115}{3.14 \cdot 3 \cdot (0.02 - 0.002)} = 0.935.$$

Коефіцієнт  $\varphi_2$ :

За графіками [24]

при

$$\frac{d_1}{D_o} = 0.625$$

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$\varphi_2 = 0.5$$

Коефіцієнт  $\varphi_3$

За графіками [24]

$$\varphi_3 = 0.03$$

Допустима осьова стискаюча сила з умови міцності  $[F]_\sigma$ , МН:

$$\begin{aligned} [F]_\sigma &= \pi \cdot (D_o + S_o - C_o) \cdot (S_o - C_o) \cdot [\sigma] = \\ &= 3.14 \cdot (0.8 + 0.01 - 0.002) \cdot (0.01 - 0.002) \cdot 177.7 = 3.61. \end{aligned}$$

Допустим а осьова стискаюча сила з умови місцевої стійкості в границях пружності  $[F]_{E1}$ , МН:

$$\begin{aligned} [F]_E &= [F]_{E1} = 33.085. \\ [F]_E &= \frac{31 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y} \cdot D_o^2 \cdot \left[ \frac{100 \cdot (S_o - C_o)}{D_o} \right]^{2.5} = \\ &= \frac{31 \cdot 1.913}{2.4} \cdot 0.8^2 \cdot \left[ \frac{100 \cdot (0.01 - 0.002)}{0.8} \right]^{2.5} = 15.8. \end{aligned}$$

Допустиме осьове стискаюче зусилля  $[F]$ , МН:

$$[F] = \frac{[F]_\sigma}{\sqrt{1 + \left( \frac{[F]_\sigma}{[F]_E} \right)^2}} = \frac{3.61}{\sqrt{1 + \left( \frac{3.61}{15.8} \right)^2}} = 3.52$$

Допустимий згинаючий момент з умови міцності  $[M]_\sigma$ , МН·м:

$$[M]_\sigma = 0.25 \cdot D_o \cdot [F]_\sigma = 0.25 \cdot 0.8 \cdot 3.61 = 0.72.$$

Допустимий згинаючий момент з умови стійкості в границях пружності  $[M]_E$ , Н·м:

$$[M]_E = \frac{D_o \cdot [F]_E}{3.5} = \frac{0.8 \cdot 15.8}{3.5} = 3.62.$$

Допустимий згинаючий момент  $[M]$ , МН·м:

$$[M] = \frac{[M]_\sigma}{\sqrt{1 + \left( \frac{[M]_\sigma}{[M]_E} \right)^2}} = \frac{0.72}{\sqrt{1 + \left( \frac{0.72}{3.62} \right)^2}} = 0.708.$$

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Перевірка міцності і стійкості опорної обичайки в зоні отворів:

$$\frac{F}{[F] \cdot \varphi_1} + \frac{M + \varphi_3 \cdot F \cdot D_o}{\varphi_2 \cdot [M]} \leq 1;$$
$$\frac{0.181}{3.11 \cdot 0.75} + \frac{0 + 0.03 \cdot 0.181 \cdot 0.8}{0.5 \cdot 0.71} = 0.081 \leq 1;$$

Умова міцності виконується.

Коефіцієнт  $\chi_1$ :

$$\chi_1 = \left[ \frac{1 + 1.81 \cdot \left(\frac{b_2}{b_6}\right)^3}{1 + 2.97 \cdot \left(\frac{b_2}{b_6}\right)^3} \right]^2 = \left[ \frac{1 + 1.81 \cdot \left(\frac{0.3}{0.5}\right)^3}{1 + 2.97 \cdot \left(\frac{0.3}{0.5}\right)^3} \right]^2 = 0.718$$

Допустиме напруження для матеріалу елемента опорного вузла при розрахунковій температурі  $[\sigma]_A$ , МПа. для сталі марки 09Г2С за розрахункової температури  $t = 67^\circ\text{C}$ .

$$[\sigma]_A = 177.7.$$

Допустиме напруження бетону на стиск  $[\sigma]_B$ , МПа. За таблицею [24]:

$$[\sigma]_B = 10.$$

Ширина нижнього опорного кільця, що встановлюється на бетонному фундаменті  $b_1$ , м:

$$b_1 = \frac{\frac{4 \cdot M}{D_6} + F}{\pi \cdot D_6 \cdot [\sigma]_B} = \frac{\frac{4 \cdot 0}{0.96} + 0.18}{3.14 \cdot 0.96 \cdot 10} = 0.006,$$

приймаємо:

$$b_1 = 0.4 > b_2 = 0.3$$

Товщина нижнього опорного кільця  $S_1$ , м:

$$S_1 = \chi_1 \cdot b_2 \cdot \sqrt{\frac{\frac{4 \cdot M}{D_6} + F}{b_1 \cdot D_6 \cdot [\sigma]_A}} = 0.718 \cdot 0.3 \cdot \sqrt{\frac{\frac{4 \cdot 0}{0.96} + 0.18}{0.4 \cdot 0.96 \cdot 177.7}} = 0.011,$$

приймаємо:

$$S_1 = 0.02.$$

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Діаметр кола, вписаного в шестигранник гайки фундаментного болта  $d$ , м  
за табл. 4 [24]:

$$d = 0.0427$$

Коефіцієнт  $\chi_2$ :

$$\chi_2 = \frac{3 \cdot \frac{b_4}{b_5}}{\sqrt{1 + \frac{\left(\frac{b_4}{b_5}\right)^2}{1 + \frac{d}{b_5}}}} = \frac{3 \cdot \frac{0.3}{0.5}}{\sqrt{1 + \frac{\left(\frac{0.3}{0.5}\right)^2}{1 + \frac{0.0427}{0.5}}}} = 1.136.$$

Розрахункова площа поперечного перерізу  $A_6$ , м<sup>2</sup>  
за табл. 3 [24]:

$$A_6 = 5.6 \cdot 10^{-4}$$

Товщина верхнього опорного кільця  $S_2$ , м:

$$S_2 = \chi_2 \cdot \sqrt{\frac{A_6 \cdot [\sigma]_B}{[\sigma]_A}} = 1.136 \cdot \sqrt{\frac{5.6 \cdot 10^{-4} \cdot 10}{177.7}} = 0.006.$$

Приймаємо  $S_2 = 0.01$  м. м

Коефіцієнт  $\chi_4$ :

для опорного вузла у виконанні 2:  $\chi_4 = 1$

Товщина ребра  $S_4$ , м

$$S_4 = \frac{A_6 \cdot [\sigma]_B}{\chi_4 \cdot b_2 \cdot [\sigma]_A} + C = \frac{5.6 \cdot 10^{-4} \cdot 10}{1 \cdot 0.3 \cdot 177.7} + 0.002 = 0.0$$

$$S_4 > 0.4 \cdot S_1;$$

$$S_4 > 0.4 \cdot 0.02 = 0.008;$$

$$S_4 = 0.01$$

$$\frac{b_2}{S_4} = \frac{0.3}{0.01} = 30.$$

Перевіряти на стійкість ребра не треба.

Довжина верхнього опорного елемента  $b_3$ , м

$$b_3 = b_4 = 0.3$$

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		62

Коефіцієнт  $\chi_5$

$$N = \frac{D_o}{2 \cdot (S_o - C_o)} \cdot \left( \frac{10 \cdot b_3}{D_o} \right)^{2.05} = 751.2$$
$$K = 0$$

$$\chi_5 = -0.0248 \cdot \left[ \ln \left( \frac{N}{1100} \right) - \sqrt{\ln \left( \frac{N}{1100} \right)^2 + 2.628} \right] + K =$$
$$= -0.0248 \cdot \left[ \ln \left( \frac{751.2}{1100} \right) - \sqrt{\ln \left( \frac{751.2}{1100} \right)^2 + 2.628} \right] + 0 = 0.051.$$

Відстань від осі фундаментного болта до обичайки опори  $e$ , м

$$e = \frac{D_6 - (D_o + 2 \cdot S_o)}{2} = \frac{0.96 - (0.8 + 2 \cdot 0.01)}{2} = 0.07$$

Перевірка міцності опорної обичайки в зоні верхнього опорного кільця

$$\frac{6 \cdot \chi_5 \cdot A_6 \cdot [\sigma]_B \cdot e}{(S_o - C_o)^2 \cdot h} \leq 1.5 \cdot [\sigma];$$
$$\frac{6 \cdot 0.051 \cdot 5.6 \cdot 10^{-4} \cdot 167.27 \cdot 0.07}{(0.01 - 0.002)^2 \cdot 0.3} = 104 \leq 266.6;$$

Умова міцності опорної обичайки в зоні верхнього опорного кільця виконується.

Висновок:

В результаті розрахунку опорної обичайки при заданих умовах було виявлено, що запропонований матеріал обичайки задовольняє умові міцності та стійкості при спільній дії навантажень. Обичайка має кріпитися до фундаменту за допомогою шістнадцяти фундаментних болтів, номінальний діаметр різьби яких 30 мм.

## 5.12. Розрахунок на міцність і стійкість

Розрахунок виконаний відповідно до алгоритму наведеному у [21].

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр колони  $D$ , м

0.8

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Виконавча товщина  $S_o$ , м

$7 \cdot 10^{-3}$

Сума додатків до розрахункової товщини  $C_o$

$1.2 \cdot 10^{-3}$

Розрахунок на міцність:

Допустиме напруження та модуль пружності матеріалу колони  $[\sigma]$ ,

МПа:

$$[\sigma] = 177.7$$

Розрахункові навантаження, які діють на колону:

$$F = G = 659\,400;$$

$$M_{VR} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_V = 0 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M = M_G + \max(M_V, M_{VR}) = 0$$

Загальне мембранне меридіональне напруження в колоні  $\sigma_{x1}$ , МПа:

$$\begin{aligned} \sigma_{x1} &= \frac{p \cdot (D_o + S_o)}{4 \cdot (S_o - C_o)} - \frac{F}{\pi \cdot D_o \cdot (S_o - C_o)} + \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D_o^2 \cdot (S_o - C_o)} = \\ &= \frac{-0.1 \cdot (0.8 + 0.007)}{4 \cdot (0.07 - 0.0012)} - \frac{0.1805}{3.14 \cdot 0.8 \cdot (0.07 - 0.0012)} + 0 = -8.904. \end{aligned}$$

Загальне мембранне меридіональне напруження в колоні,  $\sigma_{x2}$ , МПа:

$$\sigma_{x2} = \sigma_{x1} = -8.904$$

Загальні мембранні кільцеві напруження  $\sigma_y$ , Па:

$$\sigma_y = \frac{p \cdot (D_o + S_o)}{2 \cdot (S_o - C_o)} = \frac{-0.1 \cdot (0.8 - 0.007)}{2 \cdot (0.007 - 0.0012)} = -6.957.$$

Еквівалентні напруження в розрахунковому перерізі апарата на стороні, де згинальний момент викликає розтяг  $\sigma_{E1}$ , МПа:

$$\sigma_{E1} = \max(|\sigma_{x1} - \sigma_y|, |\sigma_{x1}|, |\sigma_y|) = \max(|8.9 - 6.96|, |-8.9|, |-6.96|) = 8.904.$$

Еквівалентні напруження в розрахунковому перерізі апарата на стороні, де згинальний момент викликає стиск  $\sigma_{E2}$ , МПа:

$$\sigma_{E2} = \max(|\sigma_{x2} - \sigma_y|, |\sigma_{x2}|, |\sigma_y|) = \max(|8.9 - 6.96|, |-8.9|, |-6.96|) = 8.904.$$

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		64

Умова міцності колони при спільній дії навантажень:

$$\begin{aligned} \max(\sigma_{E1}, \sigma_{E2}) &\leq 1.2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi; \\ \max(8.904, 8.904) &= 8.904 \leq 1.2 \cdot 177.7 \cdot 1 = 213.25; \\ 8.904 &\leq 213.25; \end{aligned}$$

Умова міцності виконується.

Розрахунок на стійкість:

Модуль пружності в умовах розтягу, МПа:

$$E = 2.15 \cdot 10^5$$

Коефіцієнт запасу стійкості для робочих умов:

$$n_y = 2.4$$

Коефіцієнт  $B_1$

$$\begin{aligned} B_1 &= \min \left( 1, 0; 9,45 \frac{D}{H} \sqrt{\frac{D}{100(S-C)}} \right) \\ &= B_1 \min \left( 1, 0; 9,45 \frac{0,8}{6} \sqrt{\frac{0,8}{100(0,007 - 0,0012)}} \right) = 1 \end{aligned}$$

Допустимий зовнішній тиск, МПа:

$$\begin{aligned} [p] &= \frac{2.08 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{H} \left[ \frac{D}{100(S-C)} \right] \\ &= \frac{2.08 \cdot 10^{-5} \cdot 2.15 \cdot 10^5}{2.4 \cdot 1} \cdot \frac{0.8}{6} \left[ \frac{0.8}{100(0.007 - 0.0012)} \right] = 0.21 \end{aligned}$$

Допустима осьова стискаюча сила, МПа:

$$\begin{aligned} [F] &= \pi(D + S - C)(S - C)[\sigma] = \pi(0.8 + 0.007 - 0.0012)(0.007 - 0.0012) \cdot 178 \\ &= 2.6 \end{aligned}$$

Допустимий згинаючий момент, МН·м:

$$[M] = 0.25D[F] = 0.25 \cdot 0.8 \cdot 2.6 = 0.51$$

Через те, що на колону не діє поперечна сила,  $[Q]$  розраховувати не треба

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Умова стійкості колони:

$$\frac{p}{[p]} + \frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} \leq 1$$

$$0.973 \leq 1$$

Умова виконується.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

## 6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації

Специфіка і габарити промислових ректифікаційних колон накладають підвищену відповідальність на підготовчий етап робіт по монтажу, демонтажу і такелажу ректифікаційних колон. Для того щоб уникнути небажаних проблем і непередбачених витрат в майбутньому, необхідно ще на початковому етапі детально вивчити паспорт виробу, переконатися в якості виготовлення агрегату, відсутності пошкоджень в процесі перевезення, а так само під час зберігання і безпосередньо перед установкою. Не меншу увагу приділяється вивченню архітектурного планування промислової будівлі, в якому передбачається проводити роботи по монтажу або демонтажу ректифікаційної колони, збору інформації про доступні потужностях і необхідних для проведення робіт заходах, а також складання виконавчої документації для монтажу колон або ПВР на монтаж колон. Тільки після підписання сторонами вичерпного пакету документів можна приступати до монтажу, демонтажу або переміщенню ректифікаційних колон.

Устаткування апаратів монтується відповідно до робочих креслень проекту (невідповідності з проектом, що виникають у процесі монтажу, узгоджуються з замовником і проектною організацією й фіксуються в кресленнях) при дотриманні технічних умов на монтаж устаткування й чинних правил Госгортехнадзору, техніки безпеки, протипожежної безпеки й охорони праці.

Під час монтажу частини колони піднімаються за допомогою вантажопідйомних пристроїв за опори, що кріпляться на корпусі вище центра тяжіння. Нижня частина колони транспортується до фундаменту з таким розрахунком, щоб апарат встановився на фундамент при досягненні вертикального положення. Вантажопідйомність крана на необхідному для монтажу вильоті крюка повинна бути не меншою за масу апарата. Після встановлення апарата на фундамент або раму необхідно провести перевірку відхилень від проектних осей та відміток в горизонтальному та вертикальному напрямках. Допустимі відхилення по головним осям апарата повинні знаходитися в межах від мінус 20 до плюс 20 мм. Межа відхилення висотної відмітки змонтованого апарата не більше 10 мм.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Відхилення апарата від осі вертикалі повинно знаходитися в межах 3 мм на 1 м висоти, але не більше 35 мм на весь апарат. Перевірка правильності встановлення має про-водитись з допомогою теодоліта, рівнеміра та відвісу.

При монтажу окремих частин колони необхідно звернути увагу на розташування фланцевих з'єднань та їх відхилення від проектних відміток. Особливості монтажу комплектуючих деталей та агрегатів полягає в тому, щоб при монтажі співпадали всі роз'ємні з'єднання. Важливо, щоб співпадали з'єднання трубопроводів.

Після закінчення монтажних-збиральних робіт ректифікаційна колона має неодмінно пройти випробування. Спочатку проводять підготовчі роботи, пов'язані з оглядом та перевіркою стану всіх частин та вузлів апарата. При цьому особливу увагу необхідно звернути на присутність в конструкції арматури, приладів, кришок, заглушок, болтів, прокладок та інших деталей, які забезпечують герметичність системи.

В програму випробувань входить гідравлічне та пневматичне випробування апаратів разом з трубопроводами на тиск, який вказаний на кресленні. При випробуваннях виявляють герметичність та надійність роботи вентилів, кранів, клапанів та іншої арматури, а також щільність всіх роз'ємних з'єднань. До цього часу повинні бути в дії системи змащення, водяного охолодження, парозабезпечення, вентиляційних систем, систем електроустаткування, захисту, а також пристрою, передбачені заходами щодо техніки безпеки й протипожежній охороні.

Підготовка ректифікаційних колон до експлуатації включає перевірку всіх витрат, температур теплоносіїв на вході та на виході з апаратів, тиск всередині апаратів та в трубопроводах. При цьому слід звернути увагу на легкість та надійність управління технологічним процесом.

Результати випробувань виявляють дефекти та недоліки, які заносять в акт випробувань на конкретно взятий апарат.

Ректифікаційна колона вважається прийнятою в експлуатацію після підписання акту з боку представників монтажної організації та замовника.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						68
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

У процесі тривалої роботи колона піддається забрудненню і зносу. Зі збільшенням відкладень зростає гідравлічний опір на тарілках, що погіршує масообмін.

Термін служби апарата може, бути забезпечений тільки при дотриманні норм експлуатації та технологічного режиму. До таких контрольованих умов експлуатації відносяться наступне: не можна перевищувати зазначені в паспорті технологічні параметри, тобто тиск і температуру; застосовувати надійні засоби для запобігання від передчасного зносу корпусу.

Колона ремонтується після повної зупинки (на капітальний ремонт) всього блоку ректифікації і відповідної підготовки всіх апаратів і трубопроводів відповідно до затвердженої інструкції.

Після зупинки колони її необхідно підготувати до ремонту. Підготовка до ремонту включає в себе наступні операції:

1. Перед зупинкою на ремонт апарат повинен бути звільнений від середовищ і продуктів;
2. Всі підведені і відведені трубопроводи повинні бути відглушені стандартними заглушками;
3. Апарат пропарюється 72 години, при пропарюванні апарата конденсат відводиться з нижньої точки апарата;
4. Після пропарювання апарата відключають подачу водяної пари і роблять розтин люків апарата для провітрювання зверху вниз. Не можна відкривати спочатку нижній, а потім верхній люк, так як внаслідок різниці температур відбувається сильна притока повітря в апарат, що може привести до утворення вибухонебезпечної суміші;
5. Відкритий апарат провітрюється протягом 15-20 годин природним вентиляванням і охолоджується до температури не більше, ніж 40С;
6. Після провітрювання апарата беруть пробу повітря всередині апарата з різних місць по висоті колони і при доступній концентрації видається довідка представником відпоповідної служби;

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

7. Після отримання аналізу, роботи можна починати протягом години після відбору проби.

Корпус колони, а також її внутрішні пристрої піддаються ретельному огляду. В такому випадку з зовнішньої поверхні (вм'ятини, корозійні руйнування, тріщини) видаляють дефекти металу шліфувальною машинкою або шліфуванням вручну. Надійність виявлення поверхневих дефектів контролюється магнітною або кольоровою дефектоскопією. Допускається глибина пошкодження в межах 10-25% від товщини стінки в залежності від розміру пошкодження.

Перед ремонтом слід визначити дефекти і знос колони. Можливі дефекти апарата: корозійний і ерозійне зношування корпусу, знос штуцерів і люків, нещільні зварні шви, неприпустимо мала залишкова товщина стінки корпусу, знос внутрішніх елементів.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						70
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 7. Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – діяльність з розробки, опублікуванню та застосування стандартів, щодо встановлення норм, правил і характеристик з метою забезпечення безпеки продукції, робіт і послуг.

Об'єкти стандартизації – продукція, робота, процеси, послуги, що підлягають або зазнали стандартизації, що мають перспективу багаторазового використання та використовуються в науці, техніці, промисловості. Головною задачею стандартизації є встановлення вимог до технічного рівня і якості продукції, сировини матеріалів, що дозволяють забезпечити оптимальну якість і ліквідувати нераціональне різноманіття видів, марок, розмірів.

За реалізацію норм стандартизації відповідають органи стандартизації, наділені законним правом керувати розробкою і затверджувати нормативні документи та інші правила, надаючи їм статус стандартів.

До стандартного належить виріб, застосований згідно з державним чи галузевим стандартом, яким однозначно встановлено його конструкцію, показники якості, методи контролю, правила приймання та постачання.

Уніфікація – приведення до однакової системи чи форми продукції і засобів виробництва або їх елементів (розміру, складу, структури). У техніці і будівництві уніфікація – управління різноманіттям. Вибір оптимальної кількості розмірів і видів виробів, послуг і процесів, призначених для задоволення основних потреб. Зазвичай спрямована на скорочення різноманіття.

Уніфікація дозволяє підвищити серійність операцій і випуску виробів і, як наслідок, здешевити виробництво, скоротити час на його підготовку. З іншого боку, уніфікація часто веде до збільшення габаритів, маси, зниження ККД і т.д.

Внаслідок не завжди оптимальних значень використовуваних параметрів і виробів. Тому доцільність підвищення ступеня уніфікації повинна підтверджуватися, наприклад, на основі порівняння різних варіантів технічних рішень і відповідного їм співвідношення витрат і вигод.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						71
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Рівень стандартизації та уніфікації виробу визначається за допомогою системи показників [26], наприклад, коефіцієнтом, рівним відношенню числа уніфікованих (однакових) елементів до загальної їх кількості. Якщо в конструкції є кілька груп уніфікованих елементів, то загальний коефіцієнт зазвичай виходить згортою. Можлива оцінка ступеня уніфікації по відношенню маси або вартості уніфікованих деталей до загальної маси або вартості всього виробу.

Кількість деталей і вузлів визначається згідно зі специфікаціями. Загальна кількість деталей  $N = 24$ , з них стандартних  $N_{ст} = 13$ , уніфікованих  $N_y = 4$ , унікальних  $N_i = 7$ .

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{ст} = \frac{N_{ст}}{N} = \frac{13}{24} = 0.54$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{N_{ст} + N_y}{N} = \frac{13 + 4}{24} = 0.71$$

Висновки:

Розраховано коефіцієнти стандартизації та уніфікації, що відповідно дорівнюють  $K_{ст} = 0.54$  та  $K_y = 0.71$ .

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

## 8. Економічна частина проекту

Підвищення рівня конкурентоспроможності продукції вітчизняного хімічного машинобудування неможливе без впровадження нових технологій, високопродуктивного обладнання, сучасних прогресивних конструкційних матеріалів, а також без технічного переозброєння, реконструкції та будівництва нових ділянок, цехів та підприємств в цілому. Все це потребує значних грошових вливань, яких не вистачає в Україні у сучасних умовах трансформації економіки країни на засади ринкової економіки.

Виходячи з цього, кожний технічний, організаційний чи господарський проект або будь-яке нововведення мають бути ретельно обґрунтовані з економічної точки зору.

Обладнання хімічного машинобудування має надзвичайно велике значення, оскільки продукція підприємств, що використовують дані апарати та машини, є сировиною для легкої промисловості, харчової промисловості, важкого машинобудування, енергетики та багатьох інших галузей [24].

Метою даної роботи є розробка та модернізація тарілчастої ректифікаційної колони.

Модернізація ректифікаційної колони полягає у вдосконаленні ковпачка тепломасообмінної тарілки, що призведе до запобігання утворення застійних зон у верхніх шарах рідини на горизонтальному полотні тарілки.

### 8.1. Техніко – економічні обґрунтування доцільності зміни конструкції

Даний апарат має досить гарні технічні характеристики, однак також характеризується утворенням застійних зон у верхніх шарах рідини на горизонтальному полотні тарілки.

З метою запобігання цьому встановлюються ковпачки з можливістю обертання з вертикальними прорізами та/або щілинами, утвореними в їхніх нижніх частинах відігнутими під кутом до радіуса ковпачків пелюстками. Кожний

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						73
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ковпачок і відповідний стрижень споряджено постійними магнітами, які виконані у вигляді тіл обертання та утворюють магнітний підшипник.

Основні техніко-економічні показники базового та модернізованого ковпачків представлено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Порівняльна характеристика базового та модернізованого ковпачків.

Показник	Одиниця виміру	Апарат	
		Базовий	Спроектований
Діапазон стабільної роботи	-	4,5	5,5
Гідравлічний опір	кПа	1	0,9
Маса тарілки	кг	61	52
ККД	%	75-85	75-85

Модернізацію базового апарата розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапі конструкторської підготовки, згідно з методою [26].

Модернізація діючого устаткування означає його вдосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог. Економічно доцільно здійснювати модернізацію устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай модернізація устаткування хімічної та нафтопереробної галузей промисловості забезпечує збільшення його продуктивності на 10-18%, а здійснені згідно з нею витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення. Розрахунки ефективності на проведення модернізації устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат  $n_{pi}$ , який розраховується за формулою [26, с. 6]

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{ci}}{K_{Hi} \cdot \alpha \cdot \beta + S_{ai}}$$

де  $M_i$  – сукупні витрати на проведення модернізації устаткування, грн.;

$S_{ci}$  – перевищення експлуатаційних (поточних) витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн.;

$K_{Hi}$  – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

$\alpha$  – коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$\beta$  – коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$S_{ai}$  – втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Сукупні витрати  $M_i$  на проведення модернізації устаткування складаються з таких окремих елементів, а саме:

- матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання модернізації);
- витрати на оплату праці (заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по модернізації устаткування; відрахування на соціальне страхування);
- амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає модернізації;
- інші види витрат.

Таблиця 8.2 - Значення коефіцієнту ефективності витрат  $n_{pi}$  на модернізацію устаткування [26, с.6, таблиця 2].

Величина коефіцієнт $n_{pi}$	Висновок щодо доцільності модернізації устаткування
$n_{pi} > 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна

$n_{pi} < 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{pi} = 0$	Рішення про модернізацію устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат  $M_i$  модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі [26]:

$$M_i = \Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}} \cdot K_i = 500\,000 \cdot 0.05 = 25\,000$$

де  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}}$  – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації,  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}} = 500\,000$  грн.

$K_i$  – коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації,  $K_i = 0.05$  для ректифікаційної колони [табл. 3, 26].

Модернізоване устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрати на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням  $S_{ei}$  може бути розрахована по формулі:

$$S_{ei} = q_{bi} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}} - q_{bn} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{НОВ}} = 500\,000 \cdot 0.15 - 500\,000 \cdot 0.12 = 15\,000,$$

де  $q_{bi}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

підлягає модернізації,  $q_{bi} = 0.15$ ;

$q_{bH}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування,  $q_{bH} = 0.12$ ;

$\Phi_{перв}^{нов}$  – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування,  $\Phi_{перв}^{нов} = 500\ 000$ .

Коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\alpha$  розраховується по формулі:

$$\alpha = \frac{P_i}{P_{нов}} = \frac{0,9}{1} = 0,9,$$

де  $P_i$  – гідравлічний опір модернізованого апарата, 0,9 Па;

$P_{нов}$  -- гідравлічний опір аналогічного нового апарата, 1 000 Па.

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\beta$  розраховується по формулі:

$$\beta = \frac{T_{мод}}{T_{нов}} = \frac{2}{2} = 1,$$

$T_{мод}$  – час, який витрачається на з обслуговування модифікованого апарата,

$T_{мод} = 2$  год;

$T_{нов}$  – час, який витрачається на обслуговування аналогічного апарата,

$T_{нов} = 2$  год;

Підставляючи всі знайдені величини, необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат  $n_{pi}$ , розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення модернізації обраного в дипломному проекті устаткування.

$$n_{pi} = 1 - \frac{250\ 000 + 15000}{450\ 000 \cdot 0,9 \cdot 1 + 200\ 000} = 0,65.$$

Висновок:

розраховане значення коефіцієнта ефективності витрат  $n_{pi} > 0$ , а це значить, що модернізація адсорбера є економічно доцільною. У якості аналога використовувався широко розповсюджена конструкція ковпачкової масообмінної тарілки.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

## Висновок

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему: “ Модернізація ректифікаційної колони відділення рекуперації ацетону. Комплексний проєкт” з витратами початкової суміші 1 кг/с, масова концентрація 19%. Проведено модернізацію ректифікаційної колони для розділення бінарної суміші ацетон-вода. Модернізація полягає у встановленні ковпачків з можливістю обертання з вертикальними прорізами та/або щілинами, утвореними в їхніх нижніх частинах відігнутими під кутом до радіуса ковпачків пелюстками. Кожний ковпачок і відповідний стрижень споряджено постійними магнітами, які виконані у вигляді тіл обертання та утворюють магнітний підшипник для запобігання утворення застійних зон.

Обґрунтування призначення та області використання апарата здійснено за допомогою опису технологічного процесу та вибору типу апарата і його місця в технологічній схемі. Надана технічна характеристика апарата. Здійснений опис конструкцій, основних складальних одиниць та деталей ректифікаційної колони. Виконано порівняння основних показників обраних конструкцій з аналогами шляхом проведення патентного пошуку для встановлення патентоспроможності апаратів. Виконані розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний, тепловий, гідравлічний та розрахунки на міцність і стійкість елементів конструкцій апарата. Розроблені заходи, що до вимог охорони праці та подано рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації розробленого апарата. Оцінено рівень стандартизації та уніфікації розробленого апарата.

Графічна частина проекту включає два креслення формату А1 що містять: технологічну схему ділянки рекуперації парів ацетону і скальний кресленик та три креслення формату А2 що містять креслення царги, опорної частини і тарілки апарату. До креслеників складені специфікації.

Результати виконаних розрахунків зведені у розрахунково-пояснювальну записку, що включає дані відповідності розробленої конструкції вимогам техніки безпеки. визначення товщини стінки циліндричної обичайки та еліптичного днища.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

В результаті вдосконалення ділянки рекуперації парів ацетону було отримано 4 патенти України №№ 146020, 146021, 146174 та 146614, а результати виконаної роботи опубліковані у збірниках тез доповідей XXVII та XXVIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, котрі проходили 25-26 листопада 2020 р. та 28-29 квітня 2021 р. відповідно.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						79
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Вывод

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему: «Модернизация ректификационной колонны отделения рекуперации ацетона. Комплексный проект» с расходами исходной смеси 1 кг / с, массовая концентрация 19%. Проведена модернизация ректификационной колонны для разделения бинарной смеси ацетон-вода. Модернизация заключается в установлении колпачков с возможностью вращения с вертикальными прорезями и / или щелями, образованными в их нижних частях отогнутыми под углом к радиусу колпачков лепестками. Каждый колпачок и соответствующий стержень снаряжены постоянными магнитами, которые выполнены в виде тел вращения и образуют магнитный подшипник для предотвращения образования застойных зон.

Обоснование назначения и области применения аппарата осуществлен с помощью описания технологического процесса и выбора типа аппарата и его места в технологической схеме. Оказана техническая характеристика аппарата. Проведенное описание конструкций, основных сборочных единиц и деталей ректификационной колонны. Выполнено сравнение основных показателей избранных конструкций с аналогами путем проведения патентного поиска для установления патентоспособности аппаратов. Выполнены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций: параметрический, конструктивный, тепловой, гидравлический и расчеты на прочность и устойчивость элементов конструкций аппарата. Разработаны мероприятия, требования охраны труда и даны рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведено технико-экономическое обоснование целесообразности модернизации разработанного аппарата. Оценен уровень стандартизации и унификации разработанного аппарата.

Графическая часть проекта включает два чертежа формата А1 содержащие: технологическую схему участка рекуперации паров ацетона, сборочный чертеж колонны, два чертежа формата А2 содержащие чертежи царги, опорной части, тарелки аппарата. К чертежам составлены спецификации.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						80
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		

Результаты выполненных расчетов сведены в расчетно-пояснительную записку, включающую данные соответствия разработанной конструкции требованиям техники безопасности. определения толщины стенки цилиндрической обечайки и эллиптического днища.

В результате совершенствования участка рекуперации паров ацетона было получено 4 патента Украины №№ 146020, 146021, 146174 и 146614, а результаты проделанной работы опубликованы в сборниках тезисов докладов XXVII и XXVIII всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проходивших 25-26 ноября 2020 и 28-29 апреля 2021 соответственно.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						81
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Conclusions

In a diploma project educationally qualifying level "bachelor" on a theme "Modernization of the rectification column of the acetone recovery section . Complex project" a rectification column for separating acetone-water mixture is worked out.

As a result of the graduation project was made a description of the process, select the type of column, a choice justified by the design staff, carried out comparing the performance of the developed design and unique, patent search done, developed recommendations for the protection of labor, made calculations, confirming the efficiency and reliability of the design: parametric, diameter nozzle, a cylindrical shell, elliptical cap and hydraulic recommendations for installation and operation, defined level of standardization and unification done a feasibility study of modernization. Part of the calculations made in the programming language Mathcad.

The graphical part is made in the COMPASS environment - 3DV18 and consists of a set of concept - A1, assembly drawings: shell tube - A1

column support - A1, ring – A1, illustration to the patent – A1. For assembly drawings made specification.

For period of implementation a declarative patent is got on an useful model. Modernization is sent to the increase of efficiency of mass exchange, and decides by establishment of mass transfer cap, which is mounted on magnets and rotates.

As a result of improvements to the acetone vapour recovery section, 4 patents of Ukraine 146020, 146021, 146174 and 146614 were got. The results of the work produced were published in the XXVII and XXVIII compendium of theses of the reports of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists, which took place 25-26.11.2020 and 28-29.04.2021.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>ЗМН.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		82

## Перелік посилань

1. Воробъёв Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств: пос. М.: Химия, 1975. 816с.
2. ГОСТ 19903-2015. Прокат листовой горячекатаный. [Чинний від 2016-09-01]. Вид. офіц. Москва, 2015. 15 с.
3. ГОСТ 7350-77. Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. [Чинний від 1979-01-01]. Вид. офіц. Москва, 1977. 11 с.
4. ОСТ 26-01-66-86 “Тарелки колпачковые стальных колонных аппаратов. Параметры, конструкция и размеры». [Чинний від 1986-10-03]. Вид. офіц. 1986. 46с.
5. АТК 26-02-1-89. Тарелки клапанные прямоточные для аппаратов колонного типа. Параметры. Конструкция и основные размеры. [Чинний від 1990-01-01]. Вид. офіц. Москва, 1990. 18с.
6. Method for preparing hydroxypivalaldehyde based on catalytic reaction rectification condensation: пат. CN112174794A Китай. № 20201197277.X; заявл. 30.10.2020; опубл. 05.01.2021.
7. Circulation type bubble cap tray CN210934983U Китай. № 201921270760.9; заявл. 07.08.2019; опубл. 07.07.2020.
8. Bubble-cap tower plate with sieve pores CN211070112U Китай. № 201921615282.0; заявл. 26.09.2019; опубл. 24.07.2020.
9. Колпачковая тарелка. пат RU198302U1 Росія. № 2020101264, заявл. 01.15.2020 опубл. 24.06.2020.
10. CN210787373U Bubble-cap tower plate with guide vanes Китай. № 201921611129.0; заявл. 26.09.2019; опубл. 19.06.2019.
11. Закон України № 1213-IX від 04.02.2021.
12. ПУЕ 2017. Правила улаштування електроустановок. [Чинний від 2017-07-21]. Вид офіційне. Київ: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
13. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид офіційне. Київ: Мінрегіон України, 2018. 137 с.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

14. ДСН 3.3.6.037–99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
15. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз’яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.
16. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Вид офіційне. Київ Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с.
17. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: учебник для техникумов. Л.: Химия, 1991. 352 с. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-01-01]. Вид офіційне. Київ: МОЗ України, 1999. 10 с.
18. Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие. М.: ГОСХИМИЗДАТ, 1962. 845 с.
19. Кириллов А. В. Расчёт контактных устройств тарельчатых колонных аппаратов: учебное пособие. Комсомольск-на-Амуре: «КНАГТУ», 2014. 70 с.
20. Машины и аппараты химических производств. / под ред. И. И. Чернобыльского. М.: Химия, 1983. 272 с.
21. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пос. / под ред. Ю. И. Дытнерского. М.: Химия, 1983. 272 с
22. Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальності “Галузеве машинобудування” (Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв) з дисципліни “Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1. Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та стропових пристроїв”: [Електронний ресурс]: НТУУ „КПІ”; уклад. І. А. Андреев. – Київ: НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2017. – 105 с..

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		84

23. ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. [Чинний від 1980-01-01]. Вид офіційне. М., 1979. 26 с..
24. Розрахунок колонних апаратів на міцність і стійкість [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійної програми «Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв» / І. А. Андреєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,53 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 112 с.
25. РД 50–33–80. Определение уровня унификации и стандартизации.
26. Задольський А.М., Шаповаленко О.О. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів ( для студентів інженерно – хімічного факультету). Навчальне видання. – К.: НТУУ «КПІ». 2010. – 15с.

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						85
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

**Додаток А**  
**Документація патентного дослідження**

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		86

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук.

#### РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71.РП

Найменування теми Ректифікаційна колона

Шифр теми В01D3/26

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень  
ЛН71.066211.000

**Предмет пошуку:** - ректифікаційна колона (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

**Мета пошуку інформації** – визначення патентної ситуації щодо колон (визначення патентоздатності проєктованого апарата і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

**Визначення держав пошуку.** Встановлюємо пошук по усім країнам.

**Ретроспективність.** Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2020-2021 роки.

**Класифікаційні індекси.** Міжнародна патентна класифікація: В01D3/26 (EP); В01D3/32 (EP); С01С1/02 (EP); С01С1/10 (EP); С01С1/12 (EP).

**Уніфікована десяткова класифікація** УДК 66.048.3

**Джерела інформації.**

- 1) Спеціалізована БД "Винаходи (корисні моделі) в Україні";
- 2) Информационно-поисковая система Интернет портала ФИПС;
- 3) База даних Європейського патентного офісу Espacenet.

Початок пошуку 15.04.2021 Закінчення пошуку 19.05.2021

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Довідка про пошук № ЛН71.РП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН71.066211.000, 15.04.2021  
(номер, дата)

Етап Проектування апарата та його складових частин .

Номер, дата регламенту пошуку ЛН71.1.РП, 19.05.2021 .

Початок пошуку 15.04.2021 Закінчення пошуку 19.05.2021

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма Б.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
Ректифікаційна колона	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й тенденцій розвитку цього напрямку в техніці	Усі країни	B01D3/26 (EP); B01D3/32 (EP); C01C1/02 (EP); C01C1/10 (EP); C01C1/12 (EP);	2020 - 2021 рр.	Інформаційна БД винаходів та корисних моделей України, Росії та світу

Джерела інформації, які були використані під час проведення пошуку наведені в таблиці А.2.

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інше
Ректифікаційна колона	Україна, Росія, світ	B01D3/26 (EP); B01D3/32 (EP); C01C1/02 (EP); C01C1/10 (EP); C01C1/12 (EP);	Інформаційна БД винаходів та корисних моделей України, Росії та світу	CN112174794A CN210934983U CN211070112U RU198302U1 CN210787373U	—

У результаті проведення патентного пошуку для подальшого аналізу вибрані такі патентні документи (перелік згідно з таблиці А.3)

Таблиця А.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
Method for preparing hydroxypivalaldehyde based on catalytic reaction rectification condensation	Patent CN112174794A, Pub. date 05.01.2021	Діє
Circulation type bubble cap tray	Patent CN210934983U, Pub. date 07.07.2020	Діє
Bubble-cap tower plate with sieve pores	Patent CN211070112U, Pub. date 24.07.2020	Діє
Колпачковая тарелка	Patent RU198302U1, Pub. date 30.06.2020	Діє
Bubble-cap tower plate with guide vanes	Patent CN210787373U, Pub. date 19.06.2020	Діє

Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проєктованого об'єкта наведено в таблиці А.4.

ОГД, його складові частини		Найближчий аналог		Очікуваний результат	Можливість використання у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер патенту і, дата публікації
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
Ректифікаційна колона	Ковпачок з прорізами, магніт, стрижень	Ковпачкова тарелка	Ковпачок з прорізами, стрижень	Підвищення ефективності процесу масообміну	Можливе використання в хімічній нафтохімічній та інших галузях промисловості.	146614, 04.03.2021

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

89

**Додаток Б**  
**Комп'ютерний розрахунок**

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>90</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Програма розрахунку діаметрів штуцерів. На рисунку Б.1 зображено блок – схему до розрахунку

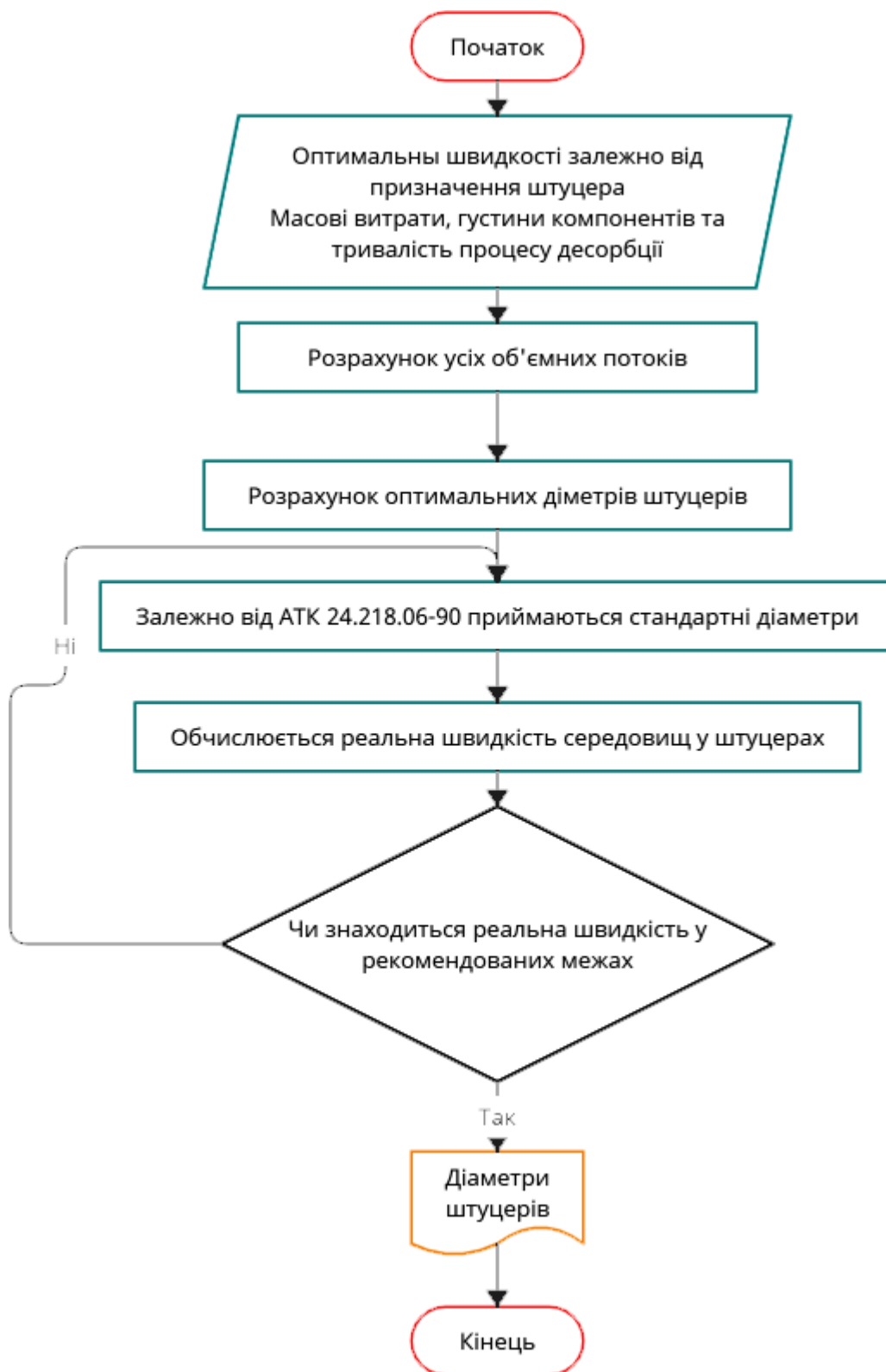


Рисунок Б.1 – Блок – схема розрахунку діаметрів штуцерів

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

91

Таблиця Б.2 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Діаметр	d	м
Об'ємні витрати	V	м <sup>3</sup> /с
Швидкість	w	м/с
Маса	G	кг

Діаметр штуцера для вводу вихідної суміші, м

$$d_{\text{вихід.с}} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_F}{\pi \cdot \rho_F \cdot w_1}} = 0.037$$

Діаметр штуцера для відводу кубового залишку, м

$$d_{\text{вихід.зал.}} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_K}{\pi \cdot \rho_W \cdot w_2}} = 0.067$$

----- Діаметр штуцера для водяної пари, м:

+

$$d_{\text{вихід.п}} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_F}{\pi \cdot \rho_{\text{п.с}} \cdot w_3}} = 0.213$$

Діаметр штуцера для виходу парів суміші, м:

$$d_{\text{вихід.п}} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_W}{\pi \cdot \rho_{\text{п}} \cdot w_3}} = 0.266$$

Перерахуємо швидкості:

Швидкість вводу вихідної суміші, м/с:

$$w := 4 \cdot \frac{G_F}{(\rho_F \cdot \pi \cdot 0.036^2)} = 1.059$$

Швидкість відводу кубового залишку, м/с:

$$w_{\text{ww}} := 4 \cdot \frac{G_K}{(\rho_W \cdot \pi \cdot 0.08^2)} = 1.04$$

Швидкість вводу водяної пари, м/с;

$$w_{\text{ww}} := 4 \cdot \frac{G_F}{(\rho_{\text{п.с}} \cdot \pi \cdot 0.2^2)} = 34.139$$

Швидкість виходу парів суміші, м/с:

$$w_{\text{ww}} := 4 \cdot \frac{G_W}{(\rho_{\text{п}} \cdot \pi \cdot 0.25^2)} = 34.067$$

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

92

**Додаток В**  
**Публікації автора**

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						93
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студента групи ЛН-71

### САМЕЛЮКА ОЛЕКСАНДРА ВІТАЛІЙОВИЧА

1. Патент України на корисну модель «АДСОРБЕР»; публік. 13.01.2021; заявн.: Андреев І. А., Мікульонок І. О., Трачук Є. В., Коляденко В. В., Самелюк О. В.

2. Патент України на корисну модель «ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОБОЮ ЯК НАСАДКИ ВЛОВЛЮВАЧА ПОЛУМ'Я»; публік. 13.01.2021; заявн.: Андреев І. А., Мікульонок І. О., Трачук Є. В., Коляденко В. В., Самелюк О. В.

3. Патент України на корисну модель «ТАРІЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА»; публік. 20.01.2021; заявн.: Андреев І. А., Мікульонок І. О., Трачук Є. В., Коляденко В. В., Самелюк О. В.

4. MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVING CONTACT DEVICES OF MASS EXCHANGE COLUMNS Sameliuk Oleksandr, Andreiev Igor DIRECTIONS FOR IMPROVING THE ADSORPTION PROCESS / Trachuk Y. V., Andreiev I. A.// «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»: XXVII всеукраїнська наукова-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ 25-26 листопада 2020 р.): зб. тез доп. –К.: НТУУ «КПІ», 2020р. – Секція 1. – 4-6.

5. IMPROVEMENT OF THE CONTACT TRAY OF THE MASS TRANSFER APPARATUS Sameliuk Oleksandr, Andreiev Igor.// «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»: XXVIII всеукраїнська наукова-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ 28-29 квітня 2021 р.): зб. тез доп. –К.: НТУУ «КПІ», 2021р. – Секція 1. – 38-40.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146021** (13) **U**  
(51) МПК (2021.01)  
**F25B 37/00**  
**B01D 53/04** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2020 06319**  
(22) Дата подання заявки: **29.09.2020**  
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **14.01.2021**  
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **13.01.2021, Бюл.№ 2**

(72) Винахідник(и):  
**Андрєєв Ігор Анатолійович (UA),**  
**Мікульонок Ігор Олегович (UA),**  
**Трачук Єгор Валерійович (UA),**  
**Коляденко Владислав В'ячеславович (UA),**  
**Самелюк Олександр Віталійович (UA)**  
(73) Володілець (володільці):  
**Андрєєв Ігор Анатолійович,**  
просп. Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ, 03162 (UA),  
**Мікульонок Ігор Олегович,**  
вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02218 (UA),  
**Трачук Єгор Валерійович,**  
вул. Шкільна, 27-Б, кв. 29, с. Петропавлівська Борщагівка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., 08130 (UA),  
**Коляденко Владислав В'ячеславович,**  
вул. Підгаївська, 123, с. Бишів, Макарівський р-н, Київська обл., 08072 (UA),  
**Самелюк Олександр Віталійович,**  
пров. Коваленка, 3, с. Виноград, Лисянський р-н, Черкаська обл., 19340 (UA)

**UA 146021 U**

**(54) АДСОРБЕР**

**(57) Реферат:**

Адсорбер містить вертикальний корпус, знімну кришку, штуцери, а також заповнюваний адсорбентом перфорований стакан. Перфорований стакан виконано знімним з можливістю його вилучення з вертикального корпусу та його встановлення у вертикальному корпусі крізь верхню основу вертикального корпусу за умови знятої знімної кришки. Знімну кришку з вертикальним корпусом з'єднано за допомогою байонетного затвора.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

95

Корисна модель належить до обладнання для розділення газових і рідких однорідних систем, зокрема до процесів адсорбції та іонного обміну, і може бути використана в хімічній, нафтопереробній, харчовій та інших галузях промисловості, а також у водопідготовці.

5 Широкого поширення в промисловості набули адсорбери періодичної дії з нерухомим шаром адсорбенту.

Найбільш близьким до пропонованого технічного рішення є адсорбер, що містить вертикальний корпус, знімну кришку, штуцери, заповнюваний адсорбентом перфорований стакан, а також розміщений з боку днища перфорованого стакана розвантажувальний люк (Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Т. 2. Москва: Химия, 10 1981. С. 624, рис. XIII-4, в).

Незважаючи на достатню просту конструкцію, зазначений адсорбер характеризується низькою зручністю в експлуатації. Так, за потреби заміни адсорбенту в адсорбері відкривають розвантажувальний люк, крізь який видаляють адсорбент. Проте на днищі перфорованого стакана з боку, протилежного розвантажувальному люка, утворюється застійна зона, що істотно 15 ускладнює повне видалення відпрацьованого адсорбенту з перфорованого стакана.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення адсорбера, в якому нове конструктивне виконання забезпечує швидке й надійне видалення відпрацьованого адсорбенту з перфорованого стакана, а отже, істотно підвищує зручність експлуатації адсорбера.

20 Поставлена задача вирішується тим, що в адсорбері, що містить вертикальний корпус, знімну кришку, штуцери, а також заповнюваний адсорбентом перфорований стакан, згідно з корисною моделлю перфорований стакан виконано знімним з можливістю його вилучення з вертикального корпусу та його встановлення у вертикальному корпусі крізь верхню основу вертикального корпусу за умови знятої знімної кришки.

25 У найприйнятнішому прикладі виконання адсорбера знімну кришку з вертикальним корпусом з'єднано за допомогою байонетного затвора.

Виконання перфорованого стакана дає змогу швидко його вилучити з вертикального корпусу, повністю звільняти від відпрацьованого адсорбенту, заповнювати свіжим адсорбентом і встановлювати у вертикальному корпусі. При цьому перфорований стакан видаляють з 30 вертикального корпусу й встановлюють у ньому крізь верхню основу вертикального корпусу за умови знятої знімної кришки.

З'єднання знімної кришки з вертикальним корпусом за допомогою байонетного затвора сприяє швидкому зняттю знімної кришки з вертикального корпусу та її швидке встановлення у вертикальному корпусі.

35 Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг. 1 - поздовжній розріз адсорбера з перфорованим стаканом у вигляді кільцевого циліндра; на Фіг. 2 - поздовжній розріз адсорбера з циліндричним перфорованим стаканом.

40 Адсорбер містить вертикальний корпус 1, знімну кришку 2, штуцери 3 і 4, а також заповнюваний адсорбентом 5 перфорований стакан 6, який виконано знімним з можливістю його вилучення з вертикального корпусу 1 та його встановлення у вертикальному корпусі 1 крізь верхню основу вертикального корпусу 1 за умови знятої знімної кришки 2. При цьому знімну кришку 2 з вертикальним корпусом 1 може бути з'єднано за допомогою байонетного затвора 7.

Перфорований стакан може бути виконаний у вигляді кільцевого циліндра (Фіг. 1) або у вигляді циліндра (Фіг. 2).

45 Адсорбер працює в такий спосіб. Газову, парову або рідку суміш, що підлягає розділенню, спрямовують у штуцер 3, після чого вона проходить крізь перфорацію перфорованого стакана 6, шар адсорбенту 5 і далі крізь патрубок 4 видаляється з адсорбера (див. Фіг. 1, 2).

За потреби заміни адсорбенту 5 у перфорованому стакані 6 знімну кришку 2 знімають з вертикального корпусу 1, після чого перфорований стакан 6 видаляють за межі адсорбера. 50 Після заміни адсорбенту 5 перфорований стакан 6 встановлюють у вертикальному корпусі 1.

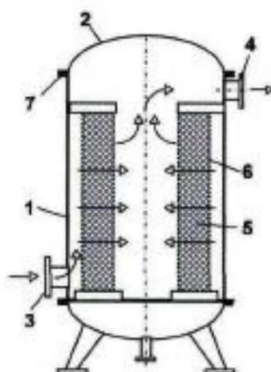
Пропонований конструкція адсорбера істотно підвищує зручність його експлуатації.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

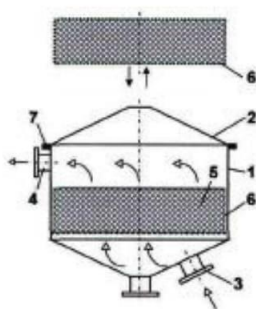
55 1. Адсорбер, що містить вертикальний корпус, знімну кришку, штуцери, а також заповнюваний адсорбентом перфорований стакан, який **відрізняється** тим, що перфорований стакан виконано знімним з можливістю його вилучення з вертикального корпусу та його встановлення у вертикальному корпусі крізь верхню основу вертикального корпусу за умови знятої знімної кришки.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

2. Адсорбер за п. 1, який **відрізняється** тим, що знімну кришку з вертикальним корпусом з'єднано за допомогою байонетного затвора.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка С. Чулій

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146020** (13) **U**  
(51) МПК (2021.01)  
**A62C 4/00**  
**C03C 6/02** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2020 06317**  
(22) Дата подання заявки: **29.09.2020**  
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **14.01.2021**  
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **13.01.2021, Бюл.№ 2**

(72) Винахідник(и):  
**Мікульонюк Ігор Олегович (UA),  
Андреев Ігор Анатолійович (UA),  
Коляденко Владислав В'ячеславович (UA),  
Самелюк Олександр Віталійович (UA),  
Трачук Єгор Валерійович (UA)**  
(73) Володілець (володільці):  
**Мікульонюк Ігор Олегович,  
вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02218 (UA),  
Андреев Ігор Анатолійович,  
просп. Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ, 03162 (UA),  
Коляденко Владислав В'ячеславович,  
вул. Підгаївська, 123, с. Бишів,  
Макарівський р-н, Київська обл., 08072 (UA),  
Самелюк Олександр Віталійович,  
пров. Коваленка, 3, с. Виноград, Лисянський р-н,  
Черкаська обл., 19340 (UA),  
Трачук Єгор Валерійович,  
вул. Шкільна, 27-Б, кв. 29, с. Петропавлівська Борщагівка,  
Києво-Святошинський р-н, Київська обл., 08130 (UA)**

**UA 146020 U**

**(54) ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОБОЮ ЯК НАСАДКИ ВЛОВЛЮВАЧА ПОЛУМ'Я**

(57) Реферат:

Застосування склобою як насадки вловлювача полум'я. Застосовують склобій склотари.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

*ЛН71.066211.001 ПЗ*

*Арк.*

*98*

Корисна модель належить до протипожежної техніки, зокрема до засобів для вловлювача полум'я, а також до утилізації скляних відходів.

5 Серед засобів для вловлювання полум'я широко застосовують вловлювачі полум'я (апарати або ділянки трубопроводів) з шаром насипного матеріалу - насадки, що перешкоджає розповсюдженню полум'я.

Найбільш близькою до пропонованого технічного рішення є насадка вловлювача полум'я, виконана у вигляді сукупності природного або подрібненого каміння - гальки, гравію або щебеню [пат. № UA55035U, МПК А62С 4/00, опубл. 10.12.2010].

10 Недолік цієї насадки - значна маса й достатньо висока вартість, спричинена необхідністю одержання сипкого матеріалу потрібної фракції.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення насадки вловлювача полум'я, яка забезпечує утилізацію відходів скляної промисловості та зниження вартості і маси засобів для вловлювання полум'я.

15 Поставлена задача вирішується тим, що пропонується застосування склобою як насадки вловлювача полум'я. У найприйнятнішому прикладі реалізації технічного рішення застосовують склобій склотари.

Застосування пропонованого технічного рішення дає змогу утилізувати скляну тару, що втратила споживчі властивості (зокрема скляних пляшок і флаконів). Це робить відповідну насадку вловлювача полум'я надзвичайно привабливими з точки зору екології й вартості.

20 Застосування склобою склотари як насадки вловлювача полум'я, крім того забезпечує невисокий гідравлічний опір зазначеної насадки, оскільки криволінійні фрагменти склобою склотари гарантовано утворюють між собою канали для проходження газового потоку й затримання полум'я (температура плавлення кварцового скла становить 1700-1800 °С).

25 Використання пропонованого технічного рішення забезпечує використання насадки вловлювача полум'я, яка характеризується високою ефективністю та низькою вартістю і масою.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 30 1. Застосування склобою як насадки вловлювача полум'я.  
2. Застосування за п. 1, яке **відрізняється** тим, що застосовують склобій склотари.

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
						99
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146174** (13) **U**  
(51) МПК  
**B01D 3/20** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2020 06320**  
(22) Дата подання заявки: **29.09.2020**  
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **21.01.2021**  
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **20.01.2021, Бюл.№ 3**

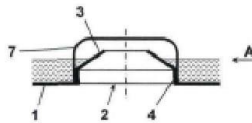
(72) Винахідник(и):  
**Андрєєв Ігор Анатолійович (UA),**  
**Мікульонок Ігор Олегович (UA),**  
**Самелюк Олександр Віталійович (UA),**  
**Коляденко Владислав В'ячеславович (UA),**  
**Трачук Єгор Валерійович (UA)**  
(73) Володілець (володільці):  
**Андрєєв Ігор Анатолійович,**  
просп. Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ, 03162 (UA),  
**Мікульонок Ігор Олегович,**  
вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02218 (UA),  
**Самелюк Олександр Віталійович,**  
пров. Коваленка, 3, с. Виноград, Лисянський р-н, Черкаська обл., 19340 (UA),  
**Коляденко Владислав В'ячеславович,**  
вул. Підгаївська, 123, с. Бишів, Макарівський р-н, Київська обл., 08072 (UA),  
**Трачук Єгор Валерійович,**  
вул. Шкільна, 27-Б, кв. 2, с. Петропавлівська Борщагівка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., 08130 (UA)

**UA 146174 U**

**(54) ТАРИЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА**

(57) Реферат:

Тарілка масообмінного апарата містить горизонтальне полотно з розбортованими вгору отворами з утворенням газових патрубків та спрямованими вгору співвісними з ними циліндричними кільцевими виступами, на яких своїми основами з прорізами та/або щілинами зафіксовані ковпачки. Кожний з газових патрубків виконано у вигляді зрізаного конуса, діаметр більшої основи якого дорівнює діаметру відповідного циліндричного кільцевого виступу.



Фіг. 1

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

100

Корисна модель належить до масообмінного обладнання, а саме стосується ковпачкових тарілок ректифікаційних, абсорбційних та екстракційних колон, і може бути використана в хімічній, харчовій і споріднених з ними галузях промисловості.

5 Одним з найбільш ефективних робочих елементів масообмінних апаратів є ковпачкові тарілки. Так, відома тарілка масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з патрубками та з'єднаними з ними за допомогою криволінійних нарізних стрижнів і гайок ковпачками з вертикальними прорізами на їхніх основах [Мікульонюк І.О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології: підручн. - Київ: ІВЦ "Політехніка", 2014. - С. 233, рис. 3.36, в]. Недоліком зазначено тарілки є її складна конструкція.

10 Крім того, монтаж і демонтаж ковпачків на пристрої пов'язаний зі значними труднощами, передусім через можливе пошкодження під час експлуатації пристрою нарізок стрижня і гайок. Також ця тарілка не усуває бризкоуловлювання, що погіршує умови масопередачі в апараті.

Найбільш близьким за технічною суттю до пропонованого технічного рішення є тарілка масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з розбортованими вгору отворами з утворенням газових патрубків та спрямованими вгору співвісними з ними циліндричними кільцевими виступами, на яких своїми основами з прорізами та/або щілинами зафіксовані ковпачки, при цьому кожний газовий патрубок виконано циліндричним і з'єднаним з відповідним циліндричним кільцевим виступом горизонтальним кільцевим елементом [пат. № UA130245U, МПК В01D 3/20, опубл. 26.11.2018].

15

20 Зазначена тарілка має простішу конструкцію, ніж аналог, що розглянуто, проте вона складніша у виготовленні й менш надійна в експлуатації, оскільки передбачає операцію штампування з плоскої листової заготовки з глибокою витяжкою металу та двома переходами від горизонтальних ділянок полотна тарілки до вертикальних. Це збільшує технологічні напруження та концентрацію напружень у полотні тарілки. А отже знижує надійність тарілки під час експлуатації.

25

В основу пропонованої корисної моделі поставлено задачу вдосконалення тарілки масообмінного апарата, у якій її нове конструктивне виконання забезпечує спрощення виготовлення горизонтального полотна тарілки, а також при цьому підвищується його міцність і жорсткість.

30

Поставлена задача вирішується тим, що в тарілці масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з розбортованими вгору отворами з утворенням газових патрубків та спрямованими вгору співвісними з ними циліндричними кільцевими виступами, на яких своїми основами з прорізами та/або щілинами зафіксовані ковпачки, згідно з корисною моделлю кожний з газових патрубків виконано у вигляді зрізаного конуса, діаметр більшої основи якого дорівнює діаметру відповідного циліндричного кільцевого виступу.

35

Виконання кожного з газових патрубків у вигляді зрізаного конуса, діаметр більшої основи якого дорівнює діаметру відповідного циліндричного кільцевого виступу, істотно зменшує технологічні напруження та концентрацію напружень у полотні тарілки, а отже підвищує його міцність і жорсткість і тим самим надійність тарілки під час експлуатації.

40

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг. 1 - поздовжній розріз тарілки; на Фіг. 2 - вигляд А на Фіг. 1.

Тарілка масообмінного апарата містить горизонтальне полотно 1 з розбортованими вгору отворами 2 з утворенням газових патрубків 3 та спрямованими вгору співвісними з ними циліндричними кільцевими виступами 4, на яких своїми основами 5 з прорізами та/або щілинами 6 зафіксовані ковпачки 7, при цьому кожний з газових патрубків 3 виконано у вигляді зрізаного конуса, діаметр більшої основи якого дорівнює діаметру відповідного циліндричного кільцевого виступу 4 (Фіг. 1, 2).

45

Тарілка працює в такий спосіб.

50 Під час роботи масообмінного апарата важка фаза рухається по горизонтальному полотну 1 тарілки, а легка - проходить крізь газові патрубки 3, кільцевий простір між ними й ковпачками 7, їхні вертикальні прорізи та/або щілини 6 і далі - крізь шар важкої фази, що рухається по горизонтальному полотну 1.

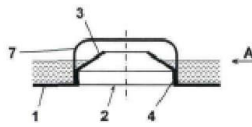
Пропонована корисна модель спрощує виготовлення тарілки, а також підвищує її надійність під час експлуатації масообмінного апарата.

55

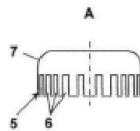
					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5 Тарілка масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з розбортованими вгору отворами з утворенням газових патрубків та спрямованими вгору співвісними з ними циліндричними кільцевими виступами, на яких своїми основами з прорізами та/або щілинами зафіксовані ковпачки, яка **відрізняється** тим, що кожний з газових патрубків виконано у вигляді зрізаного конуса, діаметр більшої основи якого дорівнює діаметру відповідного циліндричного кільцевого виступу.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		102



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146614** (13) **U**  
(51) МПК (2021.01)  
**B01D 3/20** (2006.01)  
**H01F 7/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2020 07082</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>04.11.2020</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>04.03.2021</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>03.03.2021, Бюл.№ 9</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Мікульонок Ігор Олегович (UA), Андреев Ігор Анатолійович (UA), Самелюк Олександр Віталійович (UA), Трачук Єгор Валерійович (UA), Коляденко Владислав В'ячеславович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>Мікульонок Ігор Олегович, вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02223 (UA), Андреев Ігор Анатолійович, просп. Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ, 03162 (UA), Самелюк Олександр Віталійович, пров. Коваленка, 3, с. Виноград, Лисянський р-н, Черкаська обл., 19340 (UA), Трачук Єгор Валерійович, вул. Шкільна, 27-б, кв. 2, с. Петропавлівська Борщагівка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., 08130 (UA), Коляденко Владислав В'ячеславович, вул. Підгаївська, 123, с. Бишів, Макарівський р-н, Київська обл., 08072 (UA)</b></p>
--	---

**UA 146614 U****(54) ТАРИЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА****(57) Реферат:**

Тарілка масообмінного апарата містить горизонтальне полотно з патрубками для проходження легкої фази із закріпленими над ними на стрижнях з можливістю обертання ковпачками з вертикальними прорізами та/або щілинами, утвореними в їхніх нижніх частинах відігнутими під кутом до радіуса ковпачків пелюстками. Кожний ковпачок і відповідний стрижень споряджено постійними магнітами, які виконані у вигляді тіл обертання та утворюють магнітний підшипник.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

103

Корисна модель належить до масообмінного обладнання, а саме до ковпачкових тарілок ректифікаційних, абсорбційних та екстракційних колон, і може бути використана в хімічній, харчовій і споріднених з ними галузях промисловості.

5 Одним з найбільш ефективних робочих елементів масообмінних апаратів є ковпачкові тарілки. Так, відома тарілка масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з патрубками для проходження легкої фази із нерухомо закріпленими над ними на стрижнях ковпачками з вертикальними прорізами та/або щілинами, утвореними в їхніх нижніх частинах відігнутими під кутом до радіуса ковпачків пелюстками [пат. № RU173382U1, МПК (2006.01) B01D 3/20, опубл. 24.08.2017]. Недоліком зазначеної тарілки є її недостатня продуктивність  
10 через можливість утворення застійних зон у верхніх шарах рідини на горизонтальному полотні тарілки.

Найбільш близькою за технічною суттю до пропонованого технічного рішення є тарілка масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з патрубками для проходження легкої фази із закріпленими над ними на стрижнях з можливістю обертання ковпачками з вертикальними прорізами та/або щілинами, утвореними в їхніх нижніх частинах відігнутими під кутом до радіуса ковпачків пелюстками, при цьому ковпачок закріплено на відповідному стрижні за допомогою підшипника кочення [пат. № RU199354U1, МПК 2006.01) B01D 3/20, опубл. 28.08.2020].

Порівняно з аналогом, що розглянуто, зазначена тарілка за рахунок обертання ковпачка під дією висхідного потоку легкої фази знижує ймовірність утворення застійних зон у верхніх шарах рідини на горизонтальному полотні тарілки, а отже підвищує продуктивність тарілки. Проте закріплення кожного ковпачка на відповідному стрижні за допомогою підшипника кочення не лише ускладнює експлуатацію масообмінного апарата через потребу змащування підшипника кочення, а й може призвести до забруднення мастильним матеріалом оброблюваних фаз, що  
25 знижує ефективність тарілки й масообмінного апарата в цілому.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення тарілки масообмінного апарата, у якій її нове конструктивне виконання виключає потребу застосування мастильного матеріалу для обертання ковпачків, що спрощує експлуатацію масообмінного апарата, а також підвищує ефективність тарілки й масообмінного апарата в цілому через відсутність потрапляння мастильного матеріалу в оброблювані фази.

Поставлена задача вирішується тим, що в тарілці масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з патрубками для проходження легкої фази із закріпленими над ними на стрижнях з можливістю обертання ковпачками з вертикальними прорізами та/або щілинами, утвореними в їхніх нижніх частинах відігнутими під кутом до радіуса ковпачків пелюстками, згідно з корисною моделлю, кожний ковпачок і відповідний стрижень оснащено постійними магнітами, які виконані у вигляді тіл обертання та утворюють магнітний підшипник. У найприйнятніших прикладах виконання тарілки обернені одна до одної поверхні постійних магнітів відповідних ковпачка й стрижня виконано у вигляді конусів, що розширюються в бік горизонтального полотна, а нижні частини постійних магнітів в відповідних ковпачка й стрижня  
40 оснащено кільцевими горизонтальними ділянками.

Під час роботи апарата легка фаза з-під горизонтального полотна потрапляє в патрубки, проходить проміжки між ними й ковпачками і далі крізь вертикальні прорізи та/або щілини в їхніх нижніх частинах диспергується в потік важкої фази, що рухається по горизонтальному полотну тарілки. Внаслідок виконання пелюсток, відігнутими під кутом до радіуса ковпачків, здійснюється обертання ковпачків, що знижує ймовірність утворення застійних зон у верхніх шарах рідини на горизонтальному полотні тарілки.

Оснащення кожного ковпачка й відповідного стрижня постійними магнітами, які виконані у вигляді тіл обертання та утворюють магнітний підшипник, виключає потребу застосування мастильного матеріалу для обертання ковпачків.

50 Виконання обернених одна до одної поверхні постійних магнітів відповідних ковпачка й стрижня у вигляді конусів, що розширюються в бік горизонтального полотна, забезпечує стабілізацію положення кожного ковпачка відносно відповідного стрижня як у радіальному, так і в осьовому напрямках, що підвищує надійність стабільного обертання ковпачка. Оснащення ж нижніх частин постійних магнітів відповідних ковпачка й стрижня кільцевими горизонтальними ділянками підвищує стабільність положення кожною ковпачка відносно відповідного стрижня в осьовому напрямку, що важливо в разі широкого діапазону навантаження масо обмінного апарата по легкій фазі.

60 Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг. 1 - поздовжній розріз тарілки; на Фіг. 2 - розріз за А-А на Фіг. 1; на Фіг. 3 - виносний елемент Б на Фіг. 1, приклад виконання.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Тарілка масообмінного апарата містить горизонтальне полотно 1 з патрубками 2 для проходження легкої фази із закріпленими над ними на стрижнях 3 і зафіксованими на певній висоті за допомогою гайок 4 і 5 з можливістю обертання ковпачками 6 з вертикальними прорізами та/або щілинами 7, утвореними в їхніх нижніх частинах відігнутими під кутом  $\alpha$  до радіуса ковпачків 6 пелюстками 8, при цьому кожний ковпачок 6 і відповідний стрижень 3 оснащено постійними магнітами 9 і 10, які виконані у вигляді тіл обертання та утворюють магнітний підшипник (Фіг. 1, 2). Обернені одна до одної поверхні постійних магнітів 9 і 10 відповідних ковпачка 6 і стрижня 3 можуть бути виконані у вигляді конусів, що розширюються в бік горизонтального полотна 1, а нижні частини постійних магнітів 9 і 10 відповідних ковпачка 6 і стрижня 3 - оснащені кільцевими горизонтальними ділянками 11 і 12 (Фіг. 3).

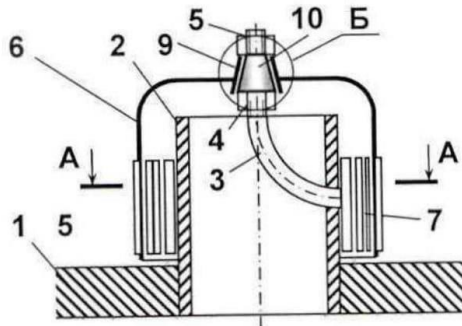
Тарілка працює в такий спосіб.

Під час роботи апарата легка фаза з-під горизонтального полотна 1 потрапляє в патрубки 2, проходить проміжки між ними й ковпачками 6 і далі крізь вертикальні прорізи та/або щілини 7 в їхніх нижніх частинах диспергується в потік важкої фази, що рухається по горизонтальному полотну 1 тарілки. Внаслідок виконання пелюсток 8 відігнутими під кутом  $\alpha$  до радіуса ковпачків 6 здійснюється обертання ковпачків 6, що знижує ймовірність утворення застійних зон у верхніх шарах рідини на горизонтальному полотні 1 тарілки.

Пропонована корисна модель істотно підвищує ефективність масопередачі на тарілці масообмінного апарата.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Тарілка масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з патрубками для проходження легкої фази із закріпленими над ними на стрижнях з можливістю обертання ковпачками з вертикальними прорізами та/або щілинами, утвореними в їхніх нижніх частинах відігнутими під кутом до радіуса ковпачків пелюстками, яка **відрізняється** тим, що кожний ковпачок і відповідний стрижень оснащено постійними магнітами, які виконані у вигляді тіл обертання та утворюють магнітний підшипник.
2. Тарілка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що обернені одна до одної поверхні постійних магнітів відповідних ковпачка й стрижня виконано у вигляді конусів, що розширюються в бік горизонтального полотна.
3. Тарілка за п. 2, яка **відрізняється** тим, що нижні частини постійних магнітів відповідних ковпачка й стрижня оснащено кільцевими горизонтальними ділянками.



Фіг. 1

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		105

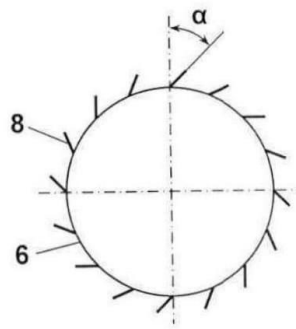


Fig. 2

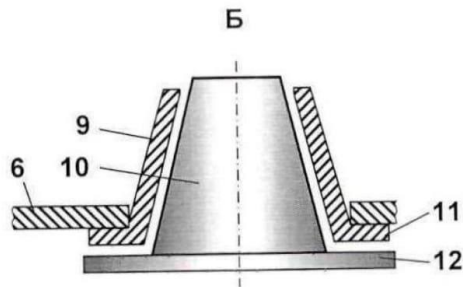


Fig. 3

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

УДК 66.048.3.069.82(048.83)

**MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVING CONTACT DEVICES  
OF MASS EXCHANGE COLUMNS**

Student Sameliuk Oleksandr, associate professor, Ph.D. Andreiev Igor

**National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

*Abstract.* The main modern directions of improvement of the contact plates of mass-exchange column units are given, which make it possible to increase the efficiency of the process, the efficiency factor of the contact plate and to ensure high-quality spray capture.

**Keywords:** mass exchange machine, contact plate, barbotage.

**ОСНОВНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТАКТНИХ ТАРІЛОК  
МАСООБМІННИХ КОЛОН**

студент Самелюк Олександр, к.т.н., доц. Андреев Ігор

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

*Анотація.* Наведені основні сучасні напрямки удосконалення контактних тарілок масообмінних колонних апаратів, які дозволяють збільшити ефективність процесу, коефіцієнт корисної дії контактних тарілок, забезпечити якісне бризкоуловлювання.

**Ключові слова:** масообмінний апарат, контактна тарілка, барботаж.

Plate-type columns are one of the most common types of heat-mass-exchange equipment for chemical, petroleum, food and many other manufactures. Furthermore, among the various structures of the plate columns, both with discharge (overflow) devices and without them, columns with cap-bearing plates are identified, which ensure a high efficiency of work in a wide range of loads over the heavy and light

phases. In many factors, the plate columns are not inferior to, but even superior to, the simpler mounted columns.

Despite the high efficiency and reliability of existing barbed contact plates of mass-exchange columns, they have proved to be effective in handling a wide variety of medias. The search for improvements in their design has continued to be intense in recent decades. First of all, this can be explained by the desire of researchers and designers to develop designs of non-specific, rather than versatile, contact plates will allow to efficiently process many medias with different properties.

Increasing the specific surface of the phases on the plate, and thus the efficiency of the plate and the column as a whole, can be achieved by arranging an additional perforated horizontal sheet. Furthermore, the caps are arranged in the openings of this sheet, which is mounted above the openings and / or the slits of the caps (pat. Ukraine 129958, B01D 3/18). Another way of increasing the surface of the phase contact is that the outer surface of the cap may be equipped with spirals which are arranged from the beginning to the end of the cap (pat. Ukraine 114294, B01D 3/18).

The efficiency of the mass transfer process on the plate and in the apparatus as a whole can be increased by increasing the contact time of the processed phases among each other by equipping the upper part of each aperture and / or each slit with a folded outer petal, which is curved along the length (pat. Ukraine 134837, B01D 3 / 20) or by equipping the horizontal edges of the apertures of the apertures of the blades which are arranged on the outside of the cap radially and horizontally (pat. RU2500452, B01D 3/16).

A number of authors propose to intensify the mass exchange process by establishing caps of different configurations depending on their location on the mass exchange plate, which ensures uniform distribution of the liquid by the volume of the mass-exchange plate and prevention of wall layer effect by the liquid (pat. Ukraine 95134, B01D 3/00, B01D 3/32; pat. Ukraine 103771, B01D 3/00; pat. Ukraine 107675, B01D 3/22) or the installation of caps, which have different dimensions of the holes (pat. Ukraine 115606, B01D 3/00, B01D 3/20).

The increase in the efficiency of the plate is achieved by the installation of movable and immovable swirling pipes and makes it possible to regulate the required liquid level on the plates (pat. Ukraine 99583, B01B 7/00) or special contact devices with slots arranged at an angle to the vertical plane (pat. Ukraine 104068, B01D 3/00, B01D 3/20).

Providing spray separation makes impossible to partially transfer the heavy phase to the upper plate and improves the conditions of mass transfer in the apparatus. It can be achieved by installing a perforated horizontal fabric above the cap, which retards the heavy phase droplets (pat. Ukraine 130245, B01D 3/20). The same effect with the additional self-regulation of the through section in the light phase is achieved when the cap is movable (pat. Ukraine 134565, B01D 3/20; pat. Ukraine 134566, B01D 3/20).

The development of new designs of contact plates of mass exchange machines is facilitated not only by the great possibilities offered to researchers and designers by numerical modeling tools, but also by the achievement of material science and technology, which can respond rapidly to the needs of elements of chemical equipment for handling a wide variety of substances and their mixtures.

The use in practice of improved contact plates of mass-exchange apparatuses makes it possible to increase the efficiency of carrying out such technological processes as rectification, absorption, desorption and extraction, as well as to increase the reliability of technological equipment.

УДК 66.048.3.069.82(048.83)

**IMPROVEMENT OF THE CONTACT TRAY OF THE MASS  
TRANSFER APPARATUS**

Sameliuk Oleksandr, Andreiev Igor

National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

*Abstract.* The proposed new design of the plate of the mass transfer apparatus in which each of the gas pipes is in the form of a truncated cone, which substantially reduces the technological stresses and concentrations in the shelves. The advantage of such a plate is the simplification of manufacturing and the increasing reliability during operation

**Key words:** MASS-TRANSFER APPARATUS, CONTACT TRAY, BUBBLING.

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТАКТНОЇ ТАРІЛКИ  
МАСООБМІННОГО АПАРАТА**

студент Самелюк Олександр, к.т.н., доц. Андреев Ігор

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Анотація.* Запропонована нова конструкція контактної тарілки масообмінного апарата, в якій кожний з газових патрубків виконано у вигляді зрізаного конуса, що істотно зменшує технологічні напруження та концентрацію напружень у полотні тарілки. Перевагою такої тарілки є спрощення її виготовлення, а також підвищення надійності під час експлуатації.

**Ключові слова:** МАСООБМІННИЙ АПАРАТ, КОНТАКТНА ТАРІЛКА, БАРБОТАЖ.

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		110

Contact trays are common in heat and oil exchange equipment of chemical, oil refining, food and many other industries.

Cap tray are one of the most efficient working elements of mass exchange machines, which provide high efficiency of operation in a wide range of heavy and light phase loads.

Despite the efficiency and reliability of the existing contact trays of mass exchange machines, which have proved to be effective in handling a wide variety of environments, the search for ways to improve their design has continued over the past decades [1]. First of all, this can be explained by the desire of researchers and designers to develop designs of universal contact trays rather than specialized ones, which will allow to efficiently handle many environments with different properties.

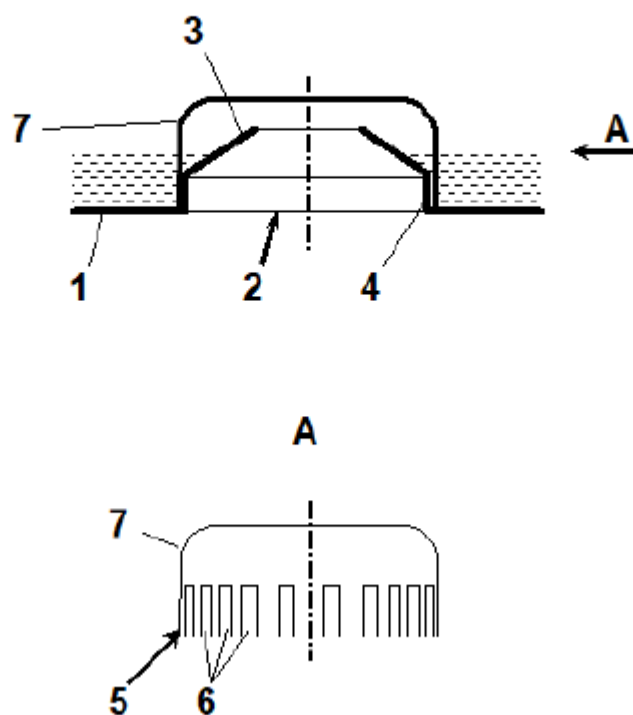
A disadvantage of existing typical caps is their complex construction, which in turn complicates the installation and removal of caps on the device.

The authors proposed a new design of the trays, which simplifies the production of a horizontal tray deck and improves the operational characteristics of the contact device [2].

The proposed tray comprises a horizontal sheet 1 which is mounted upwards by openings 2 in such a way that gas pipes 3 are formed and are directed upwards by cylindrical annular projections 4 which are coaxial with them, Caps 7 are fixed on the bases of 5 with slots and / or slots 6, wherein each of the gas pipes 3 is in the form of a truncated cone, the diameter of the larger base of which is equal to the diameter of the corresponding cylindrical annular projection 4 (figure 1).

The tray works like this.

During the operation of the mass exchange apparatus, the heavy phase moves along the horizontal canvas 1 of the tray, and the light phase passes through the gas pipes 3, the annular space between them and the caps 7, their vertical slots and / or slots 6 and further through the heavy phase layer, It moves on a horizontal canvas 1.



1 – horizontal sheet, 2 – openings, 3 – gas pipe, 4 – cylindrical annular projection,  
5 – base, 6 – slit, 7 – cap

Figure 1 – Contact tray for mass exchange apparatus

The proposed contact tray simplifies the manufacture thereof and also increases the reliability of the mass exchange apparatus.

#### References:

1. Андреев І. А., Мікульонок І.О., Орел О.Ю., Чайківський К. В. Наука онлайн: Перспективні конструкції контактних тарілок масообмінних колон. Міжнародний електронний науковий журнал. 2019. № 9. <https://nauka-online.com/ua/publications/tehnicheskie-nauki/2019/9/perspektivnye-konstruktsii-kontaktnyh-tarelok-massoobmennyyh-kolon/>
2. Тарілка масообмінного апарата: пат. 146174 У Україна: МПК В01Д 3/20 (2006.01). № u202006320; заявл. 29.09.2020; опубл. 21.01.2021, Бюл. № 3.

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

**Додаток Г**  
**Патенти, які використовувались в патентному дослідженні**

					<i>ЛН71.066211.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		113

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112174794 A

(43) 申请公布日 2021.01.05

(21) 申请号 202011197277.X

B01J 21/10 (2006.01)

(22) 申请日 2020.10.30

B01J 23/745 (2006.01)

(71) 申请人 河北工业大学

地址 300401 天津市北辰区西平道5340号

(72) 发明人 安华良 吕建华 刘继东

(74) 专利代理机构 北京智桥联合知识产权代理

事务所(普通合伙) 11560

代理人 涂华明

(51) Int. Cl.

C07C 45/75 (2006.01)

C07C 47/19 (2006.01)

B01J 23/78 (2006.01)

B01J 23/06 (2006.01)

B01J 23/02 (2006.01)

B01J 23/00 (2006.01)

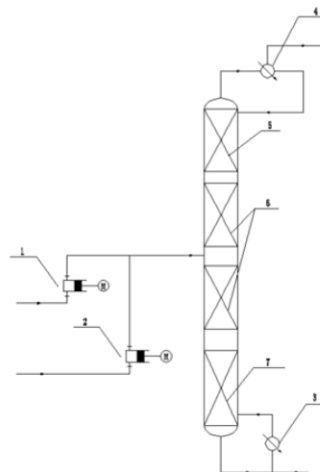
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

一种基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法

## (57) 摘要

本发明属于催化合成技术领域,具体涉及一种以异丁醛和甲醛为原料,经催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法。本发明所述缩合制备羟基新戊醛的方法,以异丁醛和甲醛为原料、以固体碱催化剂进行催化缩合,并基于催化精馏塔进行反应,所述固体碱催化剂具有催化剂活性高、催化选择性好、制备过程简单、成本低、反应后易于分离、经简单处理后即可重复使用等优点,进一步降低了整个反应的损耗和成本,而经催化精馏过程则具有易于操作,且目标产物收率和选择性高、容易实现工业放大的优势。



CN 112174794 A

ЗМН.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

114

1. 一种基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 取异丁醛和甲醛水溶液混合,并送入装填有固体碱催化剂的催化反应精馏塔,异丁醛和甲醛在所述催化反应精馏塔的催化反应段进行充分的缩合反应;

(2) 反应产生的羟基新戊醛产品进入所述催化反应精馏塔的提馏段经提浓后进入塔釜收集,而气相则进入所述催化反应精馏塔的精馏段经精制后进入冷凝器进行回流或排出。

2. 根据权利要求1所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述步骤(1)中,所述异丁醛与甲醛的摩尔比为1:1-1.2。

3. 根据权利要求1或2所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述步骤(1)中,所述甲醛水溶液的质量浓度为37-42wt%。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述步骤(1)中,所述固体碱催化剂包括金属氧化物或负载型金属氧化物。

5. 根据权利要求4所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述金属氧化物包括含有选自Li、Na、K、Ca、Mg、Zn中至少一种金属元素的氧化物,并选择性含有Fe、La、Zr或Al中至少一种金属元素的氧化物。

6. 根据权利要求4或5所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述负载型金属氧化物的载体包括活性炭、氧化铝、氧化硅和/或分子筛。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述步骤(1)中,所述固体碱催化剂的加入量与进料量体积比为0.1-0.5h,即液体停留时间为0.1-0.5h。

8. 根据权利要求1-7任一项所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述步骤(1)中,所述固体碱催化剂的装填比(催化剂体积与填料体积之比)为1:1-5。

9. 根据权利要求8所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述填料包括:精馏段散装或规整填料,反应精馏段为装有固体碱催化剂的丝网,提馏段为散装或规整填料,装填固体碱催化剂的通道与非装填通道由丝网隔开。

10. 根据权利要求1-9任一项所述的基于催化反应精馏缩合制备羟基新戊醛的方法,其特征在于,所述步骤(1)中,所述催化反应精馏塔的塔顶压力为0.2-0.6MPaG,塔顶温度为60-135℃。

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210934983 U

(45)授权公告日 2020.07.07

(21)申请号 201921270760.9

(22)申请日 2019.08.07

(73)专利权人 湖北奥康石化设备制造有限公司

地址 433200 湖北省荆州市洪湖市府场镇  
中华路23号(72)发明人 周守林 谭业忠 杨劲松 黄孝华  
黄孝贵(74)专利代理机构 武汉知产时代知识产权代理  
有限公司 42238

代理人 孙妮

(51)Int.Cl.

B01J 19/32(2006.01)

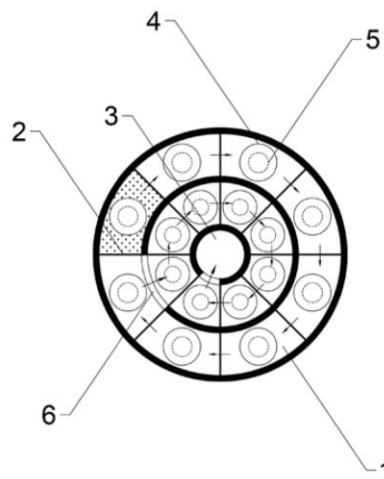
权利要求书1页 说明书2页 附图2页

(54)实用新型名称

一种环流式泡罩塔盘

(57)摘要

本实用新型公开一种环流式泡罩塔盘,包括塔盘本体以及若干泡罩组件,塔盘本体为圆盘状,泡罩组件通过升气管设置在塔盘本体上,泡罩组件侧壁上均匀设有若干出气孔,塔盘本体上端面由外至内设有若干相邻的环流槽,每一环流槽均通过隔板沿环向均分为若干溢流槽,每一环流槽中隔板的高度均呈梯度变化,梯度变化终点处溢流槽与其沿环流槽径向相邻溢流槽之间设有溢流堰,塔盘本体正中间为降液槽,其优点在于,将液相运移路径设计为环流式,使单位体积液相流经的泡罩组件数量提高了3倍以上,从而增加单位体积液相与气相接触的次数,进而提高气液两相的传热和传质效果,同时,将整体溢流分为串联的区域溢流,降低液相的空流率。



CN 210934983 U

ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

116

1. 一种环流式泡罩塔盘,包括塔盘本体以及若干泡罩组件(4),塔盘本体为圆盘状,泡罩组件(4)通过升气管(5)设置在塔盘本体上,泡罩组件(4)侧壁上均匀设有若干出气孔,其特征在于:所述塔盘本体上端面由外至内设有若干相邻的环流槽,环流槽宽度均相同且侧壁高度均相同,每一环流槽均通过隔板(2)沿环向均分为若干溢流槽(1),每一环流槽中隔板(2)的高度均呈梯度变化,梯度变化终点处溢流槽(1)与其沿环流槽径向相邻溢流槽(1)之间设有溢流堰(6),塔盘本体正中间为降液槽(3)。

2. 根据权利要求1所述的一种环流式泡罩塔盘,其特征在于:每一环流槽中隔板(2)的高度均呈单向梯度变化时,隔板(2)的高度沿顺时针或逆时针依次递减,使液相沿一整圆路径环流后,经溢流堰(6)流入相邻环流槽中。

3. 根据权利要求1所述的一种环流式泡罩塔盘,其特征在于:每一环流槽中隔板(2)的高度均呈双向梯度变化时,隔板(2)的高度沿顺时针和逆时针依次递减,使液相沿两半圆路径环流汇合后,经溢流堰(6)流入相邻环流槽中。

4. 根据权利要求1至3任意一项所述的一种环流式泡罩塔盘,其特征在于:所述泡罩组件(4)的直径为环流槽宽度的0.75-0.95倍。

5. 根据权利要求1至3任意一项所述的一种环流式泡罩塔盘,其特征在于:所述降液槽(3)底部连接有导液弯管,导液弯管用于将上一塔盘本体的降液槽(3)中的液相转移至下一塔盘本体最外侧的环流槽中。

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(19)中华人民共和国国家知识产权局



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211070112 U

(45)授权公告日 2020.07.24

(21)申请号 201921615282.0

(22)申请日 2019.09.26

(73)专利权人 江苏锐深化工机械科技有限公司

地址 214500 江苏省泰州市靖江经济开发区城北工业园区新二路23号

(72)发明人 张晓宏

(51)Int.Cl.

B01J 19/32(2006.01)

B01D 3/18(2006.01)

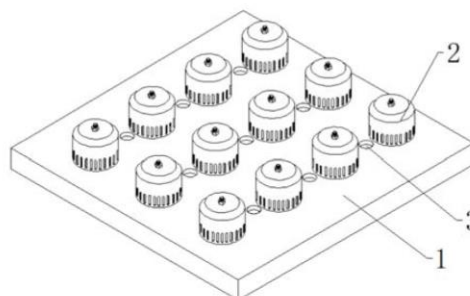
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

## (54)实用新型名称

一种带有筛孔的泡罩塔板

## (57)摘要

本实用新型涉及化工设备技术领域,尤其为一种带有筛孔的泡罩塔板,包括塔板,所述塔板的上侧设置有泡罩,所述塔板的上侧并且位于泡罩之间开设有筛板安装槽,所述泡罩的内部设置有升气管,所述泡罩的右侧内壁设置有定位块,所述升气管的左侧内壁上端设置有连接圆杆,所述连接圆杆位于防滑垫片的上侧设置有锁定螺母,所述筛板安装槽的内部安装有筛板安装板,所述筛板安装板的内部中间处安装有筛板,所述筛板安装板的右下侧设置有更换拆片。通过筛板安装槽、筛板安装板和筛板的设置在利用传统的泡罩塔板的原有构件,进行改动大幅提高运行负荷和传质效率的目的,并且筛板可进行更换,能够根据需求进行变换,使泡罩塔板的运行负荷存在可变性。



CN 211070112 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

118

1. 一种带有筛孔的泡罩塔板,包括塔板(1),其特征在于:所述塔板(1)的上侧设置有泡罩(2),所述塔板(1)的上侧并且位于泡罩(2)之间开设有筛板安装槽(3),所述泡罩(2)的内部设置有升气管(4),所述泡罩(2)的右侧内壁设置有定位块(5),所述升气管(4)的左侧内壁上端设置有连接圆杆(6),所述连接圆杆(6)的上端并且位于泡罩(2)的内壁设置有阻隔环(7),所述连接圆杆(6)的上端并且位于泡罩(2)的外侧套接有防滑垫片(8),所述连接圆杆(6)位于防滑垫片(8)的上侧设置有锁定螺母(9),所述筛板安装槽(3)的内部安装有筛板安装板(10),所述筛板安装板(10)的内部中间处安装有筛板(11),所述筛板安装板(10)的右下侧设置有更换拆片(12)。

2. 根据权利要求1所述的一种带有筛孔的泡罩塔板,其特征在于:所述升气管(4)贯穿塔板(1)设置。

3. 根据权利要求1所述的一种带有筛孔的泡罩塔板,其特征在于:所述泡罩(2)与筛板安装槽(3)均位于塔板(1)的上侧设置有多个。

4. 根据权利要求1所述的一种带有筛孔的泡罩塔板,其特征在于:所述连接圆杆(6)的上侧开设有外界螺纹,并且所述连接圆杆(6)的上侧与锁定螺母(9)螺纹连接。

5. 根据权利要求1所述的一种带有筛孔的泡罩塔板,其特征在于:所述筛板安装板(10)与筛板安装槽(3)可拆卸连接设置。

6. 根据权利要求1所述的一种带有筛孔的泡罩塔板,其特征在于:所述筛板(11)开设有筛孔,并且所述筛板(11)与筛板安装板(10)可拆卸连接设置。

					ЛН71.066211.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		119

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11)

**198 302**<sup>(13)</sup> **U1**

(51) МПК  
*B01D 3/20* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК  
*B01D 3/20 (2020.02)*

(21)(22) Заявка: 2020101264, 15.01.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.01.2020

Дата регистрации:  
30.06.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.01.2020

(45) Опубликовано: 30.06.2020 Бюл. № 19

Адрес для переписки:  
400005, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-  
кт им. В.И.Ленина, 28, Кузьмину С.В.

(72) Автор(ы):  
Голованчиков Александр Борисович (RU),  
Прохоренко Наталья Андреевна (RU),  
Шурак Антон Анатольевич (RU),  
Миропольский Никита Александрович (RU),  
Еланский Юрий Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Волгоградский  
государственный технический университет"  
(ВолгГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 182047 U1, 01.08.2018. RU 165916  
U1, 10.11.2016. RU 176822 U1, 30.01.2018. RU  
192976 U1, 08.10.2019. WO 2016082667 A1,  
02.06.2016.

RU 198302 U1

RU 198302 U1

(54) Колпачковая тарелка

(57) Реферат:

Предлагаемое техническое решение относится к конструкциям колпачковых тарелок массообменных аппаратов и может найти применение в химической, нефтехимической, газовой, пищевой, фармацевтической, энергетической и других отраслях промышленности, а также в экологических процессах разделения растворов и газов в процессах ректификации, абсорбции, экстракции и промывки газов.

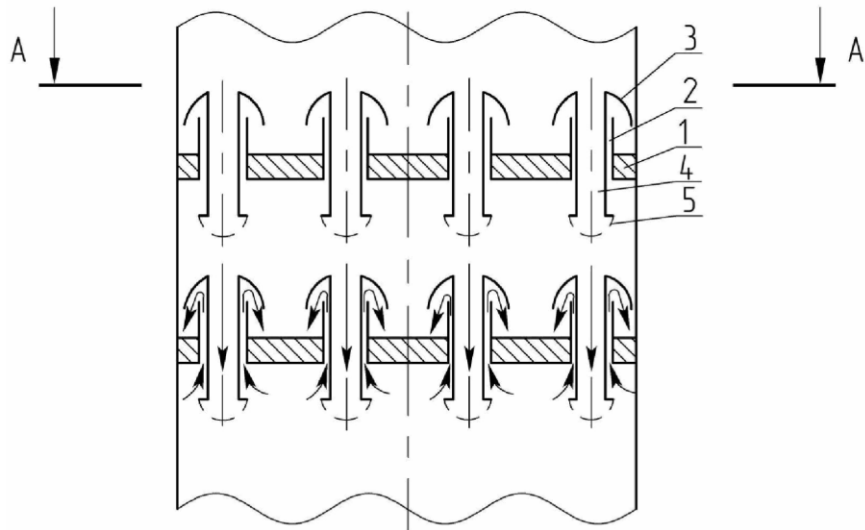
Техническим результатом предлагаемой конструкции колпачковой тарелки является

увеличение производительности.

Поставленный технический результат достигается тем, что на колпачковой тарелке, состоящей из плиты с расположенными на ней паровыми патрубками, колпачками, переливными трубами, которые равномерно распределены на плите тарелки и снабжены в нижней части распылителями жидкости, причем переливные трубы осесимметрично расположены в паровых патрубках и крепятся непосредственно к самому колпачку.

Змн.	Арк.	№ док-м.	Подпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ



Фиг. 1

RU 198302 U1

RU 198302 U1

Стр.: 2

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

121

(19)中华人民共和国国家知识产权局



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210787373 U

(45)授权公告日 2020.06.19

(21)申请号 201921611129.0

(22)申请日 2019.09.26

(73)专利权人 江苏锐深化工机械科技有限公司

地址 214500 江苏省泰州市靖江经济开发

区城北工业园区新二路23号

(72)发明人 张晓宏

(51)Int.Cl.

B01J 19/32(2006.01)

B01D 3/18(2006.01)

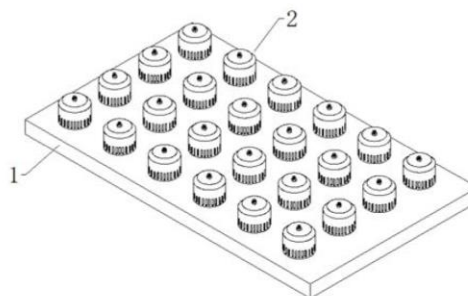
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

## (54)实用新型名称

一种带导片的泡罩塔板

## (57)摘要

本实用新型涉及泡罩塔板技术领域,尤其为一种带导片的泡罩塔板,包括塔盘,所述塔盘设有泡罩塔板,所述泡罩塔板包括有升气管、泡罩、连接杆、第一垫片、第二垫片和螺栓,所述升气管与塔盘固定连接,所述泡罩通过连接杆与升气管连接,所述泡罩开设有螺纹孔,所述连接杆的底部一端与升气管的内侧壁固定连接,所述连接杆的端部一端依次贯穿第一垫片、螺纹孔、第二垫片和螺栓,通过螺栓将泡罩与升气管连接,所述泡罩与升气管之间存在间隙,所述泡罩与塔盘之间存在间隙,所述泡罩内侧壁的上方且靠近泡罩内部的上侧壁处呈圆周状安装有若干导片,与现有的泡罩塔板相比较,本实用新型通过设计能够提高泡罩塔板的经济性、稳定性、工作效率以及实用性。



CN 210787373 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066211.001 ПЗ

Арк.

122

1. 一种带导片的泡罩塔板,包括塔盘(1),其特征在于:所述塔盘(1)的表面设有若干泡罩塔板(2),所述泡罩塔板(2)包括有升气管(3)、泡罩(4)、连接杆(5)、第一垫片(6)、第二垫片(7)和螺栓(8),所述升气管(3)与塔盘(1)固定连接,所述升气管(3)贯穿塔盘(1)并且延伸至塔盘(1)的底部,所述泡罩(4)通过连接杆(5)与升气管(3)连接,所述泡罩(4)的端部开设有螺纹孔(9),所述连接杆(5)的底部一端与升气管(3)的内侧壁固定连接,所述连接杆(5)的端部一端依次贯穿第一垫片(6)、螺纹孔(9)、第二垫片(7)和螺栓(8),通过螺栓(8)将泡罩(4)与升气管(3)连接,所述泡罩(4)与升气管(3)之间存在间隙,所述泡罩(4)与塔盘(1)之间存在间隙,所述泡罩(4)内侧壁的上方且靠近泡罩(4)内部的上侧壁处呈圆周状安装有若干导片(10)。

2. 根据权利要求1所述的一种带导片的泡罩塔板,其特征在于:所述泡罩塔板(2)与塔盘(1)相互垂直设置。

3. 根据权利要求1所述的一种带导片的泡罩塔板,其特征在于:所述泡罩塔板(2)整体为圆柱状结构设计。

4. 根据权利要求1所述的一种带导片的泡罩塔板,其特征在于:所述第一垫片(6)与第二垫片(7)的结构大小相一致,且所述第一垫片(6)、第二垫片(7)、螺纹孔(9)和螺栓(8)的内部大小均与连接杆(5)端部的外部大小相匹配。

5. 根据权利要求1所述的一种带导片的泡罩塔板,其特征在于:所述连接杆(5)的端部一端外侧壁开设有螺纹,所述螺纹孔(9)和螺栓(8)的内侧壁均开设有螺纹槽,且所述连接杆(5)的螺纹与螺纹孔(9)和螺栓(8)的螺纹槽相匹配,连接方式为螺纹连接。

6. 根据权利要求1所述的一种带导片的泡罩塔板,其特征在于:所述导片(10)的侧面为“V”字型结构设计。

					ΛΗ71.066211.001 Π3	Αρκ.
Σμν.	Αρκ.	№ δακμ.	Πίθνς	Λατα		123