

**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 проєктування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

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

на тему: Розробка адсорбера відділення рекуперації ацетону. Комплексний проєкт

Виконав студент IV курсу, групи ЛН-71

Єгор ТРАЧУК

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. техн. 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 проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ Єгор ТРАЧУК

Київ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Ярослав КОРНІЄНКО

(підпис)

“__” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Трачуку Єгору Валерійовичу

1. Тема проекту: Розробка адсорбера відділення рекуперації ацетону. Комплексний проєкт.

Керівник проекту кандидат технічних наук, доцент Ігор АНДРЕЄВ.

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

2. Термін подання студентом проекту: 09 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: розділенню підлягає ацетоно-повітряна суміш, концентрація ацетону у початковій суміші – $0,03 \text{ кг/м}^3$; продуктивність по суміші – 1.2 кг/с ; температура всередині адсорбера – 40°C ; адсорбент – вугілля; концентрація ацетону у суміші на виході з апарата – $0.3 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина: розглянуті існуючі конструкції адсорбуючих пристроїв, 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 апарату; складальне креслення адсорбера та його основних складальних одиниць і деталей; розроблення рекомендації щодо монтажу та експлуатації адсорбера; 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 адсорбера;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): принципова схема установки – А1, кресленик складальний: адсорбера – А1, кришки – А1, днища – А1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Андрій КОВТУН доцент		
Економіка	Степанюк А. Р доцент.		

7. Дата видачі завдання: 16 травня 2021 р.

Студент

_____ Єгор ТРАЧУК
(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	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	18.04.21	
3	Оформлення та подання заявки на корисну модель	19.04.21	
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору ректифікаційної колони	20.04.21	
5	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату	22.04.21	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	24.04.21	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	26.04.21	
8	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	15.05.21	
9	Розробка вимог до апарату з питань охорони праці	20.05.21	
10	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору ректифікаційної колони	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	30.06.21	
12	Попередній захист проекту	01.06.21	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	10.05.21	

Студент

_____ Єгор ТРАЧУК
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ Ігор АНДРЕЄВ
(підпис)

Реферат

УДК 544.723.2

Розробка адсорбера відділення рекуперації ацетону. Комплексний проект: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Керівник Андреев І.А. – К., КПІ ім. Ігоря Сікорського 2021.- 167 с. 19 іл. - Викон. Трачук Є. В. – Бібліогр.: с. 126.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 26 найменувань. Загальний обсяг записки становить 126 сторінок основного тексту, 19 рисунків, 8 таблиць і 4 додатків.

Мета проекту - проектування адсорбера для вилучення ацетону з повітря.

Поставлена задача досягається шляхом аналітичного визначення тривалості процесу адсорбції, десорбції, сушки та охолодження, виконанням гідравлічного розрахунків та розрахунків на міцність основних вузлів та деталей конструкції. Для розрахунку діаметрів штуцерів наведена алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів, та програма, виконана на алгоритмічній мові Mathcad. Виконано аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної літератури

Розрахунково-пояснювальна записка містить схему і опис технологічної схеми рекуперації ацетону та опис конструкції адсорбера для розділення паро-повітряної суміші повітря з ацетоном. Графічна частина проекту включає чотири креслення формату А1, що містять: технологічну схему відділення рекуперації ацетону, складальне креслення адсорбера та креслення складальних одиниць та деталей.

АЦЕТОН, АДСОРБЕР, АДСОРБЕНТ, ОЧИСТКА ПОВІТРЯ, КОЕФІЦІЄНТ
МАСОПЕРЕДАЧІ

Реферат

УДК 66.048.3

Разработка адсорбера участка рекуперации ацетона. Комплексний проект: Дипломний проект образовательно-квалификационного уровня «Бакалавр»/ КПИ им. ИГОРЯ СИКОРСКОГО; Руководитель И. А. Андреев. – К., 2021. – 127 с.: ил. Исполнитель. – А. С. Куриленко. – Библиогр.: 126 с.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 разделов, выводов, списка ссылок из 20 наименований. Общий объем работы составляет 126 с. основного текста, 20 рисунков, 9 таблиц и 4 приложений.

Целью проекта есть проектировка адсорбера для изъятия ацетона из воздуха.

Поставленная цель достигается путем аналитического определения продолжительности процессов адсорбции, десорбции, сушки и охлаждения, выполнением гидравлического расчета, а также проведением расчетов на прочность основных узлов и деталей конструкции. Для расчёта диаметров штуцеров приведены алгоритмическая схема, таблица идентификаторов и программа, выполненная на алгоритмическом языке Mathcad. Выполнен анализ результатов и сделаны выводы. Приведен список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка содержит описание технологической схемы участка рекуперации паров ацетона и описание конструкции адсорбера для изъятия паров ацетона из воздуха. Графическая часть проекта включает четыре чертежа формата А1, содержащее технологическую схему, сборочный чертеж адсорбера и чертежи его сборочных единиц и деталей.

АЦЕТОН, АДСОРБЕР, АДСОРБЕНТ ОЧИСТКА ПОВІТРЯ, КОЕФІЦІЄНТ
МАСОПЕРЕДАЧІ

Abstract

UDC 66.048.3

Development of an adsorber of the acetone recovery unit. Integrated project: degree project for educational and qualification "Bachelor" level/ IGOR SIKORSKY KPI; Leader I. Andreiev –, 2021. – 125 p.: with ill. The performer. – Y. Trachuk. – bibliogr.:124 p.

Explanatory note consists of introduction, 8 chapters, a conclusion, a reference list of 20 items. The total volume of work 143 p., 27 figures, 8 tables and 4 appendices.

The objective of the project is to develop and design columns for a 3.5 kg/s ethanol-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 are resulted for checking calculation of thermal protection thickness. 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 ethanol and a description of the distillation column for separation ethanol 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

RECTIFICATION COLUMN, DISTILLATION, ETHANOL, HEAT AND MASS EXCHANGE.

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 проєктування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

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

на тему: Розробка адсорбера відділення рекуперації ацетону. Комплексний проєкт

Зміст

Вступ	13
1 Призначення та область використання апарата в технологічній схемі	14
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.2 Вибір типу адсорбера та його місце у технологічній схемі	16
2 Технічні характеристики вертикального кільцевого адсорбера	18
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції адсорбера	19
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей адсорбера	19
3.2 Вибір матеріалів	20
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами	21
3.4 Патентне дослідження	24
4 Охорона праці	31
4.1 Виробниче освітлення	31
4.2 Враження електричним струмом	32
4.3 Вплив механізмів, що рухаються та обертаються	33
4.4 Пожежна безпека	34
4.5 Повітря робочої зони	35
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	37
5.1 Параметричний розрахунок	37
5.2 Конструктивний розрахунок	51

					ЛН71.066114.001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка адсорбера відділення рекуперації ацетону. Комплексний проєкт	Літ.	Арк.	Акрцшів	
Розроб.		Трачук		06.21					
Перевір.		Андреев		06.21			10	115	
Т. Контр.						КПІ імені Ізоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ			
Н. Контр.									
Затверд.									

6	Рекомендації щодо монтажу та експлуатації	65
7	Рівень стандартизації та уніфікації	68
8	Економічна частина проекту	70
8.1	Техніко – економічні обґрунтування доцільності зміни конструкції	71
	Висновок	76
	Вывод	77
	Conclusions	78
	Перелік посилань	79
	Додаток А Документація патентного дослідження	83
	Додаток Б Комп’ютерний розрахунок штуцерів	87
	Додаток В Патенти, які використовувались в патентному дослідженні	92
	Додаток Г Публікації автора	105

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

V – об’ємна витрата, $\text{м}^3/\text{с}$;

p – тиск, МПа;

w – швидкість, $\text{м}/\text{с}$;

F – площа поверхні, м^2 ;

S – товщина, м ;

D, d – діаметр, м ;

C – концентрація, $\text{кг}/\text{м}^3$;

T – температура, К ;

ρ – густина, $\text{кг}/\text{м}^3$;

μ – коефіцієнт динамічної в’язкості, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

β – коефіцієнт масовіддачі, $\text{м}/\text{с}$;

K – коефіцієнт масопередачі, $\text{м}/\text{с}$;

τ – час, с ;

σ – напруження в матеріалі, МПа;

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

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля;

Bi – критерій Біо.

Вступ

Ацетон – летка рідина з характерним запахом, при нормальних умовах є прозорою рідиною. Ацетон як розчинник набув широкого розповсюдження у виробництві лаків, фарб, лікарських речовин та ін. 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 проводилась очистка повітря завдяки рекуперації ацетону є дуже актуальним завданням

Метою роботи є проектування та модернізація адсорбера який в даній технологічній схемі служить для вилучення парів ацетону з паро-повітряної суміші (ППС). ППС поступає в адсорбер, проходить через кільцевий шар адсорбенту, що поглинає ацетон, та вже очищене повітря виходить з адсорбера.

В роботі необхідно описати конструкцію адсорбера та його основних складальних одиниць та деталей, вибрати матеріали для його виготовлення, порівняти основні показники розробленої конструкції з аналогами, провести патентні дослідження та навести заходи по охороні праці; провести параметричний розрахунок адсорбера та розрахунки на міцність основних деталей та вузлів конструкції; надати рекомендації, щодо монтажу та експлуатації та визначити рівень стандартизації та уніфікації адсорбера; виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації апарату; розробити креслення технологічної схеми, складального креслення адсорбера, кришки, днища.

Завдання на проектування видано 16 квітня 2021 року.

Дані для проектування були отримані 16 квітня 2021 р.

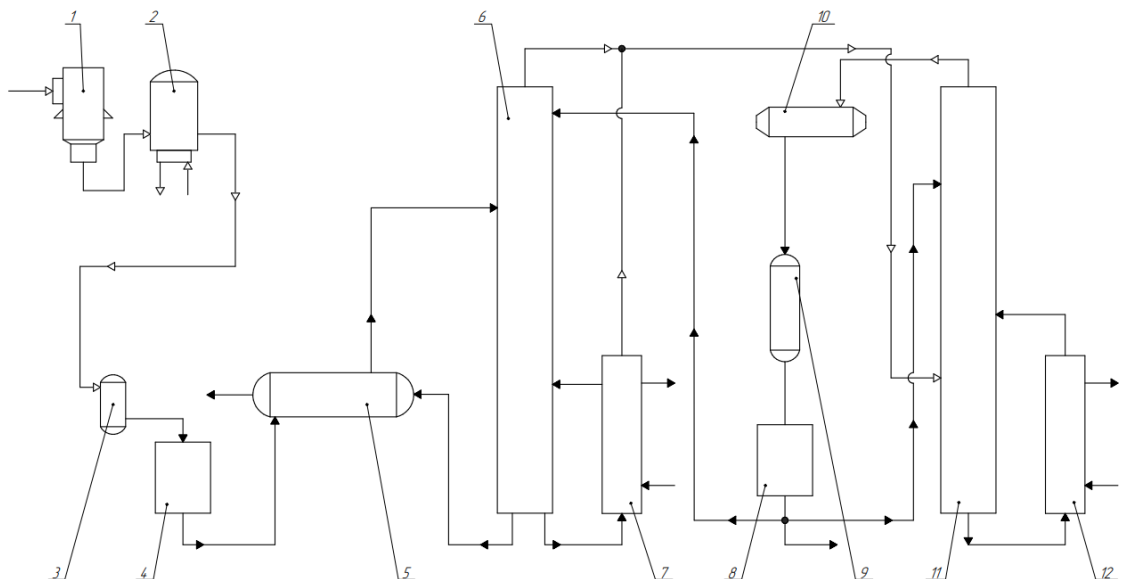
					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та область використання апарата в технологічній схемі

1.1 Опис технологічного процесу

Схема зображена на рисунку 1.1 [1].

Ацетонно – повітряна суміш з концентрацією ацетону до 30 г/м^3 ($0,03 \text{ кг/м}^3$) проходить вогнезатримувач 1, який призначений для запобігання поширення полум'я по газоходах, і подається на очистку від ацетону в кільцеві адсорбери періодичної дії 2.



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
(відділення ректифікації)

Газова суміш, проходячи через кільцевий шар адсорбенту (від периферії до центру), очищається від ацетону, що поглинається (адсорбується) активованим вугіллям. Температура в шарі вугілля при адсорбції не більше 40°C (313 K). Після насичення вугілля ацетоном проходить переключення подачі ацетоно-повітряної суміші на інший адсорбер, а в перший подається водяна пара, витрата якої

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

становить 2.4 м³/с, температурою 100 (373 К) , яка вилучає ацетон з вугілля, тобто проходить процес десорбції. Висушування вугілля після десорбції проводиться атмосферним повітрям температурою 100 °С (303 К) впродовж 40 хв.

Паро-ацетонова суміш(суміш водяної пари і ацетону), що утворюється в результаті процесу десорбції, з температурою 100 °С (373 К) подається ї від адсорбера 2 в конденсатор рекуперата 3, який являє собою вертикальний кожухотрубний теплообмінник, де рекуперат конденсується. В конденсаторах проходить конденсація парів рекуперата і охолодження конденсату до температури 35-40 °С (308-313К), з подачею оборотної води тиском рівним 0.3-0.4МПа і температурою менше 28 °С (301К) в трубний простір апаратів.

Охолоджений рекуперат (ацетон, вода) стікає в збірник рекуперата 4. Збірник рекуперата – це вертикальний циліндричний апарат з еліптичними кришкою і дном об'ємом 5 м³.

Звідти конденсат рекуперата подається на живлення колони 6 через горизонтальний кожухотрубний теплообмінник 5, в якому відбувається підігрів ацетоно-водяної суміші до температури 74 °С (347К), що подається на живлення колони 6, кубовим залишком (майже вода), який збирається в нижній частині цієї ж ректифікаційної колони. Максимальна температура в теплообміннику – 100°С (373К), максимальний тиск – 0,2 МПа.

Вихідна суміш (конденсат рекуперата) з тиском 0,2 МПа температурою 74 °С (347К) і витратою 1414,75 кг/год (0,393 кг/с) подається в верхню частину колони 6. В колоні безперервної дії 6 здійснюється ректифікація конденсату рекуперата. Ректифікаційна колона призначена для розділення води і ацетону з ацетоно-водяного розчину.

Колона має виносний випарник 7 – це горизонтальний випарний апарат з природною циркуляцією кубової рідини. Рідина з нижньої частини ректифікаційної колони 6 стікає в випарник 7, де обігрівается водою. Температура парів на верхній тарілці становить 56-60 °С (338-343К). В якості флегми на зрошення колони використовується готовий продукт після ректифікації в колоні другого ступеня. Флегма з тиском 0,2 МПа і витратою 0,035 м³/год в верх колони ректифікації 6

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подається з ємкості готового продукту 8. Температура кубової рідини в колоні становить 56-100 °С (329-373 К). Пари, що утворюються, підіймаються вверх по колоні і відправляються на ректифікаційну колону другого ступеня.

Кубовий залишок з ректифікаційної колони другого ступеня надходить у теплообмінник 12, де підігрівається водою, та повертається у колону для підтримання необхідної температури. Утворена в результаті ректифікації пара дистилляту, що являє собою майже чистий ацетон направляється у конденсатор 10, звідти – у холодильник 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 адсорбера та його місце у технологічній схемі

Для проведення процесу адсорбції використовуються адсорбери наступних типів:

- 1) з нерухомим зернистим адсорбентом;
- 2) з рухомим зернистим адсорбентом;
- 3) з киплячим (псевдозрідженим) шаром дрібнозернистого адсорбента.

На рисунку 1.2 зображено вертикальний адсорбер з кільцевим шаром адсорбенту.

В цьому типі адсорберів пароповітряну суміш (в нашому випадку ацетон) направляють від периферії до центра з метою кращого використання вугільного шару (по мірі зменшення концентрації суміші зменшується і площа перерізу вугільного шару). Діаметр корпусу кільцевих адсорберів приймається до 3 м, загальна висота приблизно 7 м.

Адсорбери з кільцевим шаром вугілля значно компактніші ніж з плоским. Однак широкого розповсюдження кільцеві адсорбери не здобули із-за складності конструкції. Порівнюючи основну характеристику процесу з відомими аналогами в хімічній промисловості, а саме продуктивність, на яку розраховано адсорбер 1.2 м³/с (4 320 м³/год), можна сказати, що рекупераційна установка розрахована на

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

малу або середню потужності. В цьому випадку доцільно використовувати вертикальний адсорбер.

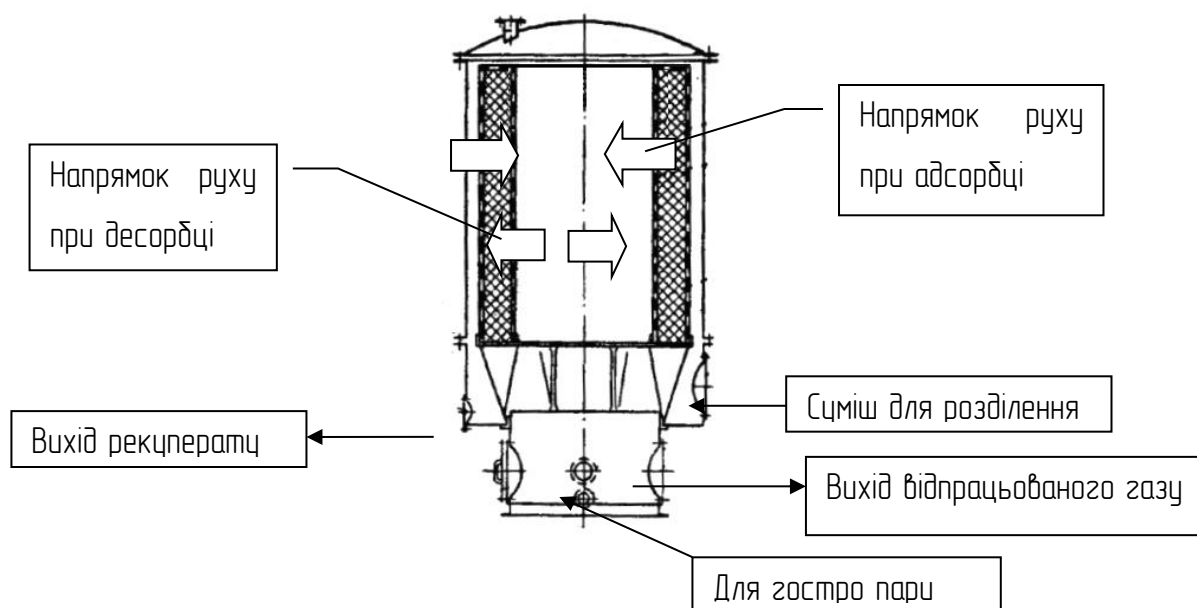


Рисунок 1.2 – Схема конструкції вертикального адсорбера

В даній технологічній схемі адсорбер займає початкове положення, являється першою стадією рекуперації ацетону. Цей факт продиктований тим, що першою задачею є вилучення (уловлення) ацетону з ацетоноповітряної суміші, а вже потім процеси обробки та переробки ацетону в готовий продукт.

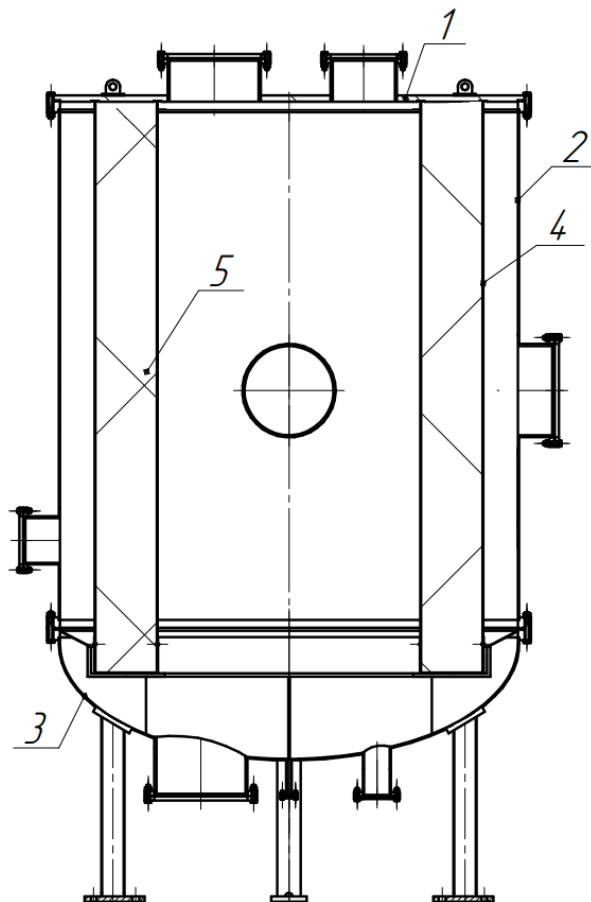
2 Технічні характеристики вертикального кільцевого адсорбера

Робочий тиск при адсорбції, МПа	0.1.
Робочий тиск при десорбції, МПа	0.1.
Робоча температура при адсорбції, К	313.
Робоча температура при десорбції, К	373.
Продуктивність адсорбера, м ³ /год	4 320.
Концентрація парів ацетону у повітрі на вході у адсорбер, кг/м ³	30·10 ⁻³ .
Концентрація парів ацетону у повітрі на виході з адсорбера, кг/м ³	0.3·10 ⁻⁶ .
Маса апарата, без вугілля, кг	6 230.
Маса адсорбенту, кг	2 929
Габаритні розміри, діаметр / висота, м	3.1 / 4.830.

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції адсорбера

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей адсорбера

У дипломному проєкті розробляється конструкція адсорбера призначеного для розділення ацетоно-повітряної суміші, рисунок 3.1.



1 –кришка; 2 – корпус; 3 – днище; 4 – корзина; 5 – адсорбент.

Рисунок 3.1 – Схема адсорбера, що був спроектований

Дана конструкція адсорбера являє собою вертикальний циліндричний апарат, що складається з кришки 1, корпусу 2, днища з опорними стійками 3 та корзини 4, що заповнюється адсорбентом 5. Корзина 4 являє собою дві циліндричні сітчасті обичайки, між якими засипається адсорбент 5. Розділення на внутрішній та зовнішній простір зверху відбувається завдяки прокладкам, що встановлюються між корзиною 5 та кришкою 1, а знизу – спеціальним конічним елементом. На

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

корзині встановлені спеціальні кріпильні елементи у формі гаків для зручності вилучення та завантаження корзини з адсорбентом до адсорбера.

Адсорбер працює за такою схемою: ацетоно-повітряна суміш при температурі не більше 40°C (313 K) подається в адсорбер і, проходячи через шар активованого вугілля з розмірами гранул 3 мм, ацетон адсорбується вугіллям, а очищене повітря відводиться в оточуюче середовище через скидну трубу. Після насичення вугілля ацетоном до встановленої норми проходить відключення адсорбера від трубопроводу з ацетоно-повітряною сумішшю і підключення до паропроводу. Проходить процес десорбції. При десорбції ацетон, що накопився в вугіллі, забирається водяною парою, що поступає в адсорбер і відводиться у вигляді пароацетонової суміші. Після закінчення десорбції проводиться сушіння активованого вугілля гарячим повітрям, оскільки близько 50% пари, що подається на десорбцію, конденсується у адсорбенті. На кінець, адсорбер підлягає охолодженню, після чого цикл замикається.

Таким чином адсорбер працює у чотиритактовому режимі: адсорбція, десорбція (регенерація), сушка, охолодження.

3.2 Вибір матеріалів

Ацетон є агресивною органічною речовиною. Опираючись на дані [2] було прийнято рішення виконати всі складальні деталі адсорбера, що взаємодіють з ацетоно-повітряною сумішшю з легованої сталі 12X18H10T. При використанні такого матеріалу корозія металу складатиме менше 0.1 мм/рік. Даний вид сталі широко використовується у відповідальних деталях хімічного машинобудування. Розміри листів мають відповідати [3]. Властивості листів мають відповідати [4].

Прокладки виконані з бутикаучука, він є доволі стійким відносно дії ацетону [2].

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Мета: порівняти наявні сучасні конструкції адсорберів з апаратом що проектується.

Для порівняння були обрані максимально подібні до адсорбера, що проектується, апарати. Спільним критерієм для всіх адсорберів є продуктивність по паро-повітряній суміші $V = 1.2 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 42 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}} = 4\,320 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

АТС-5000Г розробки АТ “НИИОГАЗ”

Фільтр-адсорбер для видалення сірководню та інших летких з’єднань. Використовується сорбційно-каталітичний метод очистки. Відпрацьований адсорбент може утилізуватися як звичайне побутове сміття [5].



Рисунок 3.2 – АТС-5000Г розробки АТ “НИИОГАЗ”

Адсорбційний фільтр розробки ООО «НПО «Центр ШВ»

Вугільні адсорбери розробки ООО «НПО «Центр ШВ» підходять для використання у хімічній, гальванічній, нафтохімічній, аграрній та інших галузях [6].



Рисунок 3.3 – Адсорбер виробництва ООО «НПО «Центр ШВ»

Промисловий вугільний фільтр розробки ПЗГО

Забезпечує високий показник очистки повітряних сумішей від домішок що прямує до 100%. Розроблений адсорбер дає змогу реактивувати вугільний шар завдяки продувці адсорбента водяною парою. Активоване вугілля потребує повного перезавантаження через 100-150 регенеративних циклів [7].



Рисунок 3.4 – Адсорбер розроблений ПЗГО

Адсорбційна установка розробки MDSJ – CATEC

Набули поширення у таких напрямках промисловості як хімічна, сільськогосподарська, фармацевтична, гальванічна, лакофарбова тощо. За рахунок

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливостей конструкції варіації абсорберів даного виробника можуть виготовлятися потужністю до 200 000 м³/год (13,9 м³/с) [8].



Рисунок 3.5 – Газоочисна система спроектована MDSJ – CATEC

Порівняльні дані наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики адсорберів

Показник	Компанія - виробник				Апарат що проектується
	АТ «НИИОГАЗ»	ООО «НПО «Центр ШВ»	ПЗГО	MDSJ – CATEC	
Продуктивність, м ³ /год	5000(3)	4000(1)	5000(3)	4000(1)	4320(2)
Гідравлічний опір, кПа	1,2(2)	1(3)	1,5(1)	1,5(1)	1(3)
Концентрація забруднень на вході, мг/м ³	10(1)	20(2)	30(3)	40(4)	30(3)
Ступінь вилучення забруднень, %	99(2)	99(2)	99(2)	98(1)	~100(3)
Можливість регенерації	0	1	1	1	1
Ціна апарата, тис. грн.	160(4)	260(3)	230(2)	320(1)	320(1)
Доступність (вартість логістики)	2	2	1	3	3
Сума балів	13	13	12	11	15

Висновок:

В результаті порівняння апарата що проектується з сучасними аналогами, що наявні на ринку, було виявлено, що найбільш оптимальним варіантом буде саме даний адсорбер. Саме він поєднує у собі загальну доступність, високу ефективність, потужність та можливість регенерації.

3.4 Патентне дослідження

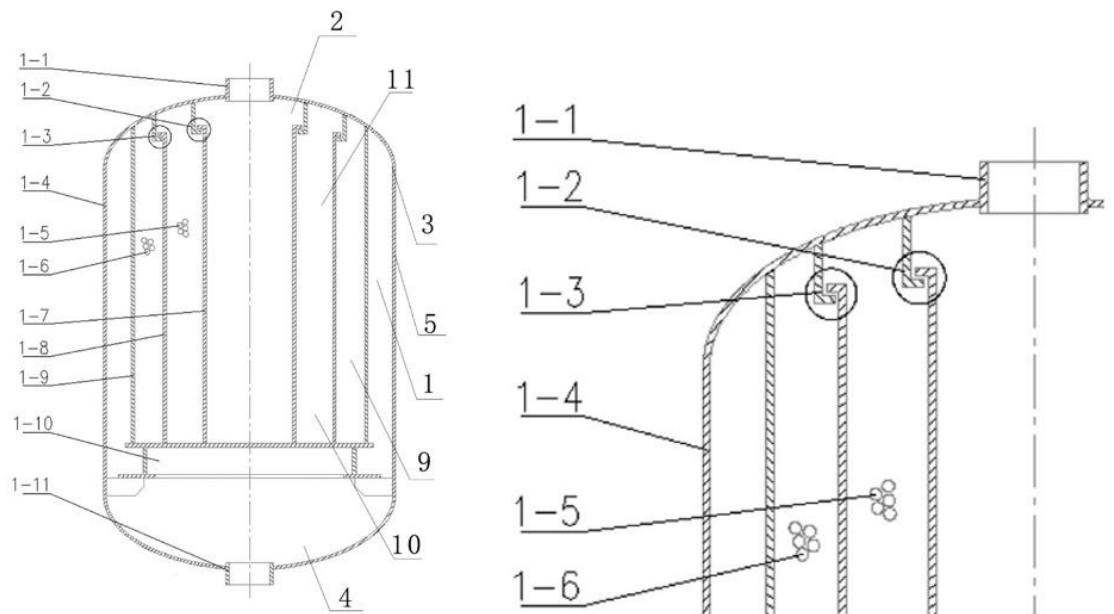
Мета пошуку інформації – визначення патентоспроможності проектованої установки й визначення тенденцій розвитку напрямку в техніці. Результати пошуку наведені в Додатку Б.

Багатошаровий кільцевий адсорбер з можливістю компенсації теплового розширення [9].

Схема даного адсорбера наведена на рисунку 3.6.

Сутність вдосконалення полягає у встановленні n циліндричних сітчастих обичайок 1-7, 1-8, 1-9, що дають змогу створити $n-1$ кільцевих просторів 11. Утворені кільцеві простори 11 заповнюються різними типами адсорбентів 1-5, 1-6. Така схема дає змогу ефективно очищувати газовий потік від забруднюючих речовин. Кільцеві обичайки 1-7, 1-8, 1-9 з'єднані з кришкою 2 за допомогою спеціальних елементів на кришці 1-2, 1-3. Кільцеві обичайки 1-7, 1-8, 1-9 жорстко з'єднані з опорною плитою 1-10, але не жорстко з'єднані з кришкою 2 завдяки елементам 1-2, 1-3. Така конструкція дає змогу розширити діапазон робочих температур адсорбера, оскільки зменшуються, або взагалі нівелюється вплив температурного розширення на апарат.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – адсорбер; 2 – кришка; 3 – царга; 4 – днище; 5 – обичайка;
 10 – концентрична обичайка; 11 – кільцевий простір
 1-1, 1-11 – штуцери; 1-2, 1-3 – спеціальна конструкція кришки;
 1-4 – обичайка; 1-5, 1-6 – адсорбенти; 1-7, 1-8, 1-9 – кільцеві сітчасті обичайки;
 1-10 – опорна плита.

Рисунок 3.6 – Багатошаровий адсорбер з можливістю компенсації
 теплового розширення

Переваги конструкції:

- 1) можливість завантаження декількома адсорбентами;
- 2) часткове, або повне, усунення напружень, що обумовлені температурним розширенням металу.

Недоліки конструкції:

- 1) складність обслуговування;
- 2) складність конструкції;
- 3) значна металоємність.

Адсорбер генерації кисню [10].

Схема даного адсорбера наведена на рисунку 3.7.

Штуцери 11 та 12 слугують для подачі та відведення газової суміші відповідно. Всередині адсорбера розміщена корзина, що складається з внутрішньої 6 та зовнішньої 7 перфорованих обичайок, які утворюють кільцевий простір у який поміщається адсорбент. Завдяки пристрою для подачі повітря

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

простір 9, що утворюється між кришкою та мембраною 5, наповнюється повітрям під тиском 80-100 кПа та, притискаючись, герметизує всі простори, що утворюються у корпусі, один від одного. Це перешкоджає проходженню повітря не через шар адсорбенту. При нормальному режимі роботи повітря заходить у штуцер 11, проходить через шар адсорбенту та виходить через штуцер 12. У випадку будь-якої несправності тиск всередині об'єм камери 9 змінюється, про що дає знати індикатор тиску 4. Аналізуючи отримані дані оператор, або спеціальний алгоритм, робить висновок про підконтрольність процесу та, завдяки пристрою 13 та патрубку 10 регулює тиск всередині камери 9.

Переваги конструкції:

- 1) можливість миттєвої реакції на стан адсорбенту;

Недоліки конструкції:

- 1) наявність мембрани, що робить конструкцію більш схильною до потомок;
- 2) необхідність підтримання спеціальних умов всередині адсорбера.

Адсорбер для очистки повітря від забруднень з можливістю регенерації [11].

Схема однієї з пропонованих конструкцій апарата наведена на рисунку 3.8 а-в.

Газовий потік, що містить зайві домішки, подається у штуцер 22, розповсюджується по кільцевому каналі 16 та, проходячи повз фільтруючі блоки 15, очищується та виходить через канал 24. Секція R слугує для регенерації адсорбенту. Секція С виконує функцію охолодження та просушки адсорбента після регенерації. Механізм зображений на рисунку 3.8 в слугує для обертання розділюючого блоку апарата. Обертаючись, шар сорбенту задіяний одночасно у всіх трьох етапах: адсорбції, регенерації та охолодження.

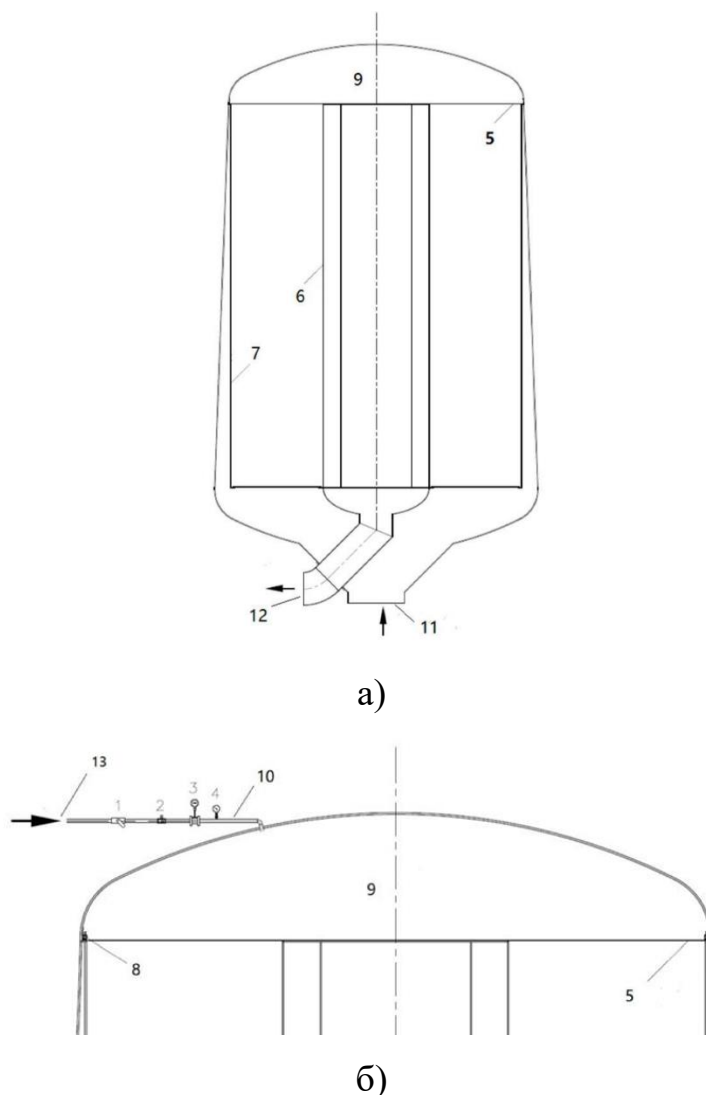
Переваги конструкції:

- 1) збільшення ефективності використання поверхні адсорбції;
- 2) процеси адсорбції, регенерації та охолодження відбуваються одночасно, що впливає на ефективність використання адсорбера.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки апарата:

- 1) складність конструкції та обслуговування;
- 2) мала універсальність.



1 – кульовий кран; 2 – клапан скиду тиску; 3 – сенсор потоку газу;
 4 – індикатор тиску; 5 – пружна мембрана; 6 – внутрішня обичайка корзини;
 7 – зовнішня обичайка корзини; 8 – стискуючий болт; 9 – простір створення тиску; 10 – зовнішній трубопровід; 11 – штуцер подачі газу; 12 – штуцер відводу газу; 13 – пристрій подачі повітря.

Рисунок 3.7 – Схема адсорбера для генерації кисню

а) загальна схема установки; б) пропонована система контролю тиску

Адсорбційний апарат з можливістю вилучення різних компонентів [12]

Принципова схема апарата наведена на рисунку 3.9.

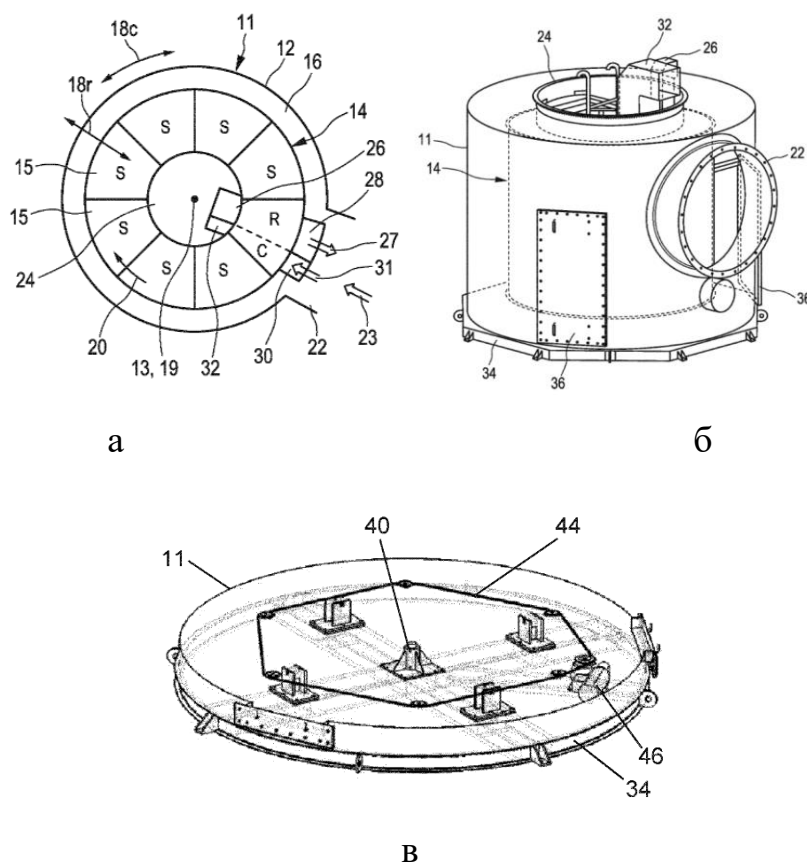
Адсорбер наповнюється адсорбційними модулями 2. Модулі виконані таким чином, аби газ, що проходить через них, рухався по зигзагоподібній траєкторії, тим самим залучаючи до 100% адсорбенту у процес масопередачі. Залежно від видів адсорбентів, адсорбер може використовуватися для вилучення оксидів, ртуті, органічних забруднювачів та ін.

Переваги конструкції:

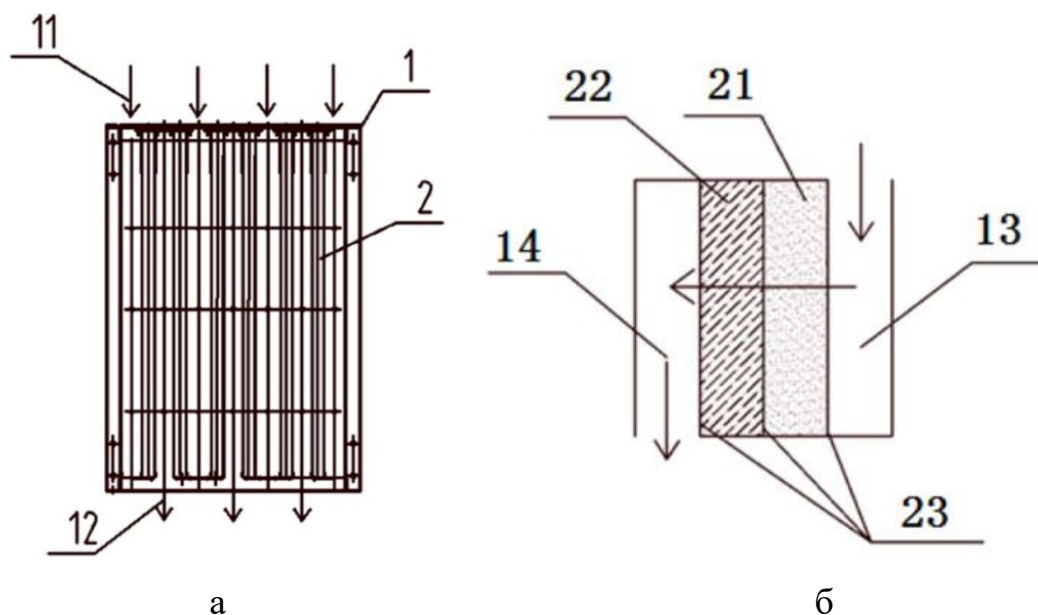
- 1) можливість вилучення декількох речовин;
- 2) великий відсоток площі масопередачі що задіяна у процесі.

Недоліки конструкції:

- 1) велика металоємність;
- 2) складність обслуговування;
- 3) підвищений гідравлічний опір.



S – зона адсорбції; R –зона регенерації; C – зона сушки
 Рисунок 3.8 – Схема адсорбера з можливістю регенерації
 а – поперечний розріз; б – загальний вигляд установки;
 в – механізм обертання.



1 – корпус; 2 – адсорбційний модуль; 11 – вхід повітря; 12 – вихід повітря; 13 – вертикальний вхідний потік повітря; 14 – вертикальний вихідний потік повітря; 21, 22 – сорбенти; 23 – перфоровані обичайки.

Рисунок 3.9 – Принципова схема адсорбера з можливістю вилучення різних компонентів

а – загальний вид; б – поперечний переріз адсорбційного модулю

Пристрій для очистки відпрацьованих газів [13].

Схема однієї з конфігурацій апарата наведена на рисунку 3.10.

Всі адсорбери D0 збалансовані та закріплені на тілі з віссю 7, що обертається. Трубопроводи 71 стаціонарні.

Впродовж процесу очистки газ проходить через адсорбери D1, D2, D3. В той самий час газ-регенерат проходить через адсорбер 64, підігрівач 66, адсорбери D5 та D6, що проходять стадію регенерації.

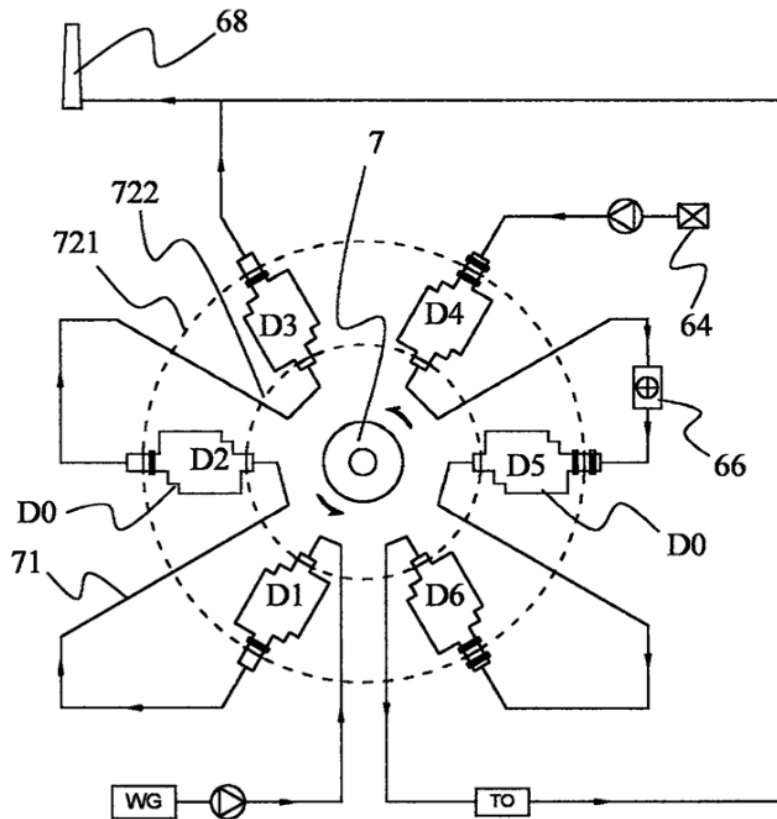
Після насичення адсорбера D1 система повертається у напрямку проти годинникової стрілки. Таким чином відбувається майже безперервна адсорбція відпрацьованих газів.

Переваги конструкції:

- 1) значне зменшення витрат часу на регенерацію адсорбента

Недоліки конструкції:

- 1) велика енерго- та металоємність;
- 2) складність конструкції;
- 3) складність обслуговування;
- 4) зупинка всієї системи через заміну адсорбента у одному адсорбері.



7 – вісь обертання; 64 – газ-регенерат; 66 – підігрівач; 71 – трубопровід;
D0 – адсорбер;

Рисунок 3.10 – Схематичне зображення апарата для очистки відпрацьованих газів зі зміною температури при обертанні

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.

4 Охорона праці

Організація безпечних умов праці є одним з найважливіших завдань на сучасних підприємствах хімічної промисловості, що пов'язано з широким використанням отруйних, вогне- та вибухонебезпечних речовин. Саме тому необхідно ще на стадії проектування виявити різноманітні шкідливі та небезпечні фактори, розробити запобіжні заходи, які необхідно провести для забезпечення безпеки обслуговування обладнання персоналом.

Тема проекту: Розробка адсорбера відділення рекуперації ацетону.
Комплексний

Ділянка рекуперації ацетону розміщена в приміщенні довжиною 30 м, шириною 10 м, висотою 6 м, площа $S = 300$ м, об'єм $V = 1800$ м³.

Небезпечними факторами при роботі з обладнанням, що проектується, є:

- виробниче освітлення;
- враження електричним струмом;
- вплив механізмів, що рухаються та обертаються;
- пожежна безпека;
- повітря робочої зони;
- поверхні з підвищеною температурою.

Рекомендації розроблені на основі вказівок наведених у [14].

4.1 Виробниче освітлення

Оскільки приміщення виконано без наявності прорізів для вікон, то необхідний рівень освітлення забезпечується штучною системою освітлення.

Зорові роботи відносяться до групи середньої точності, освітленість $E_{\text{нор}}$ має бути не нижче 200 лк [15].

Для забезпечення необхідного рівня освітленості у темний час доби використовуються LED світильники FLF-94/63W NW BK потужністю 63 Вт. Кожна лампа випромінює світловий потік $F_{\text{л}} = 5000$ лк. Довжина лампи 1200 мм.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_c \cdot (a + b)} = \frac{30 \cdot 10}{5 \cdot (30 + 10)} = 1.5,$$

де h_c – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = 0.46$$

Оптимальна кількість дволампових світильників для загального штучного освітлення:

$$N_p = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{F_l \cdot n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 300 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{5000 \cdot 2 \cdot 0.46} = 21.5$$

Приймаємо кількість світильників N_p рівною 22

Освітленість з оптимальною кількістю світильників

$$E_p = \frac{F_l \cdot n \cdot \eta \cdot N_p}{S \cdot k_3 \cdot z} = \frac{5000 \cdot 2 \cdot 0.46 \cdot 22}{300 \cdot 1.5 \cdot 1.1} = 204 \text{ лк}$$

Світильники рівномірно розміщені по площі цеху у два ряди по 11 світильників.

4.2 Враження електричним струмом

Обладнання, що проектується, знаходиться у приміщенні, що відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою згідно [16]. На пульті управління оператора напруга $U = 220 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$. Тип електромережі змінний із ізольованої нейтраллю.

З серед основних факторів небезпеки для робочого персоналу спричинених електричним струмом можна виділити наступні:

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

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для запобігання нещасних випадків проведені наступні запобіжні заходи:

- ізоляція струмопровідних частин пульта керування;
- виконання захисного занулення;
- рубильники увімкнення поміщені у спеціальних шафах;
- автоматичне блокування електроустановки у випадку аварії.

Схема заземлення установки наведено на рисунку 4.1.

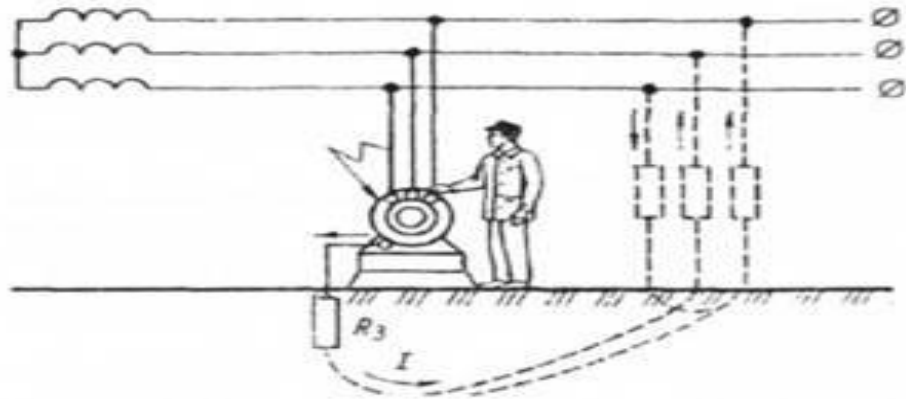


Рисунок 4.1 – Замикання на приладі, підключеного до мережі з ізолюваною нейтраллю

Заземлення установки виконано відповідно чинного стандарту.

4.3 Вплив механізмів, що рухаються та обертаються

Оскільки конструкція проектного адсорбера передбачає часте розбирання та збирання з вилученням складальних одиниць, то необхідно забезпечити максимально безпечні умови роботи з установкою.

Для запобігання травматизму прийняті наступні міри:

- ватаж, що переміщується, опускається лише на спеціально відведене для цього місце;
- встановлення спеціальної огорожу навколо всієї площі установки та місць, що використовуються при її експлуатації;

Стропальник та оператор крана допускаються до виконання роботи лише після проходження інструктажу з техніки безпеки та при наявності відповідної освіти.

Експлуатація крану відбувається відповідно до вимог наведених у [17].

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Пожежна безпека

У цеху виконуються процеси пов'язані з використанням ацетону, що утворює вибухонебезпечну суміш з повітрям, при займанні якої утворюється надлишковий тиск більше 5 кПа, то дане виробництво належить до категорії А і є вибухопожежонебезпечним за [18].

Для запобігання скупчення пари ацетону робоче приміщення обладнане спеціальною витяжною вентиляцією. Для запобігання утворенню іскор всередині устаткування використовуються електродвигуни вибухозахищеного виконання та насоси, які використовуються для транспортування пароповітряної суміші, вибухобезпечного типу. Використання пасових передач забороняється у зв'язку з утворенням зарядів електростатичної електрики, що може привести до утворення іскор.

Всі механізми, апарати й комунікації, у яких можливе виникнення статичної електрики, ретельно заземлені. Категорично заборонено на діючій установці виконувати роботи, пов'язані з використанням відкритого вогню.

На час перерв у роботі шар вугілля в адсорберах не залишається з поглиненим розчинником. Щоб уникнути самозаймання вугілля проходить стадії десорбції, сушіння й охолодження його до температури нижче 40 °С у визначений час роботи.

Устаткування цеху має бути розміщене таким чином, аби не перешкоджати евакуації персоналу у випадку небезпечної ситуації.

Очистка і ремонт устаткування адсорбера проводиться лише спеціально підготовленими людьми у відповідному спорядженні (протигаз) та лише з наказу начальника зміни. Ремонтні роботи, пов'язані із зануренням робітника усередину апаратів виконується лише після видалення з них парів ацетону. При обслуговуванні використовуються лише інструменти, що не утворюють іскор.

В якості засобів гасіння пожежі використовують вуглекислі вогнегасники ОУ-8 (8 шт.), котрі знаходяться на видних і загальнодоступних місцях. На виробництві створено спеціалізовану пожежну систему оповіщення, яка миттєво передає сигнал на найближчий відділ пожежно-рятувальної служби.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Повітря робочої зони

Мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи [19].

Мікроклімат приміщення характеризується наступними факторами:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання;
- температура поверхні.

Обслуговування адсорбера відноситься до категорії робіт ІІа, оскільки робота пов'язана з ходінням, переміщенням дрібних виробів і потребують певного фізичного напруження. Енерговитрати дорівнюють 176-232 Вт [19].

Відповідно до визначеної категорії у робочому приміщенні підтримуються параметри мікроклімату, що наведені у таблиці 4.1 [20].

В теплий період року параметри забезпечуються завдяки використанню кондиціонування, а в зимовий час – завдяки водяному опаленню з температурою води 70-90 °С.

Основною речовиною, що може завдати шкоди обслуговуючому персоналу є пари ацетону. Ацетон має сильний токсичний вплив, накопичується в організмі, впливає на ЦНС, відноситься до VI класу небезпеки. При довготривалому вдиханні спричиняє подразнення слизових оболонок очей та носа та горла, викликає запаморочення, нудоту. Також він може утворювати вибухонебезпечну суміш з повітрям. ГДК ацетону у повітрі складає 200 мг/м³ [20]. При концентрації ацетону у повітрі рівній 100 мг/м³ вмикається вентиляція, оскільки довготривале вдихання навіть невисоких концентрацій є причиною проблем зі здоров'ям.

Оптимальні та фактичні параметри мікроклімату на робочому місці наведені у таблицях 4.1 та 4.2 відповідно.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Оптимальні параметри мікроклімату

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря не більше , м/с
Холодний період року	19-21	60-40	0.2
Теплий період року	21-23	60-40	0.3

Таблиця 4.2 – Фактичні параметри мікроклімату

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря не більше , м/с
Холодний період року	19-20	40	0.1
Теплий період року	23	50	0.1

Висновок:

Були проаналізовані фактори можливої небезпеки та описані заходи направлені на їх попередження та усунення. Розроблені правила безпеки для робочого персоналу.

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

5.1 Параметричний розрахунок

Мета розрахунку: знаходження основних характеристик процесу та апарата. Після прийняття рішень проводиться перевірка на міцність та стійкість. Також виконується розрахунок часу адсорбції та побудова ізотерми адсорбції.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.1.

Розрахунок ведеться відповідно до алгоритму наведеному у [21, 22].

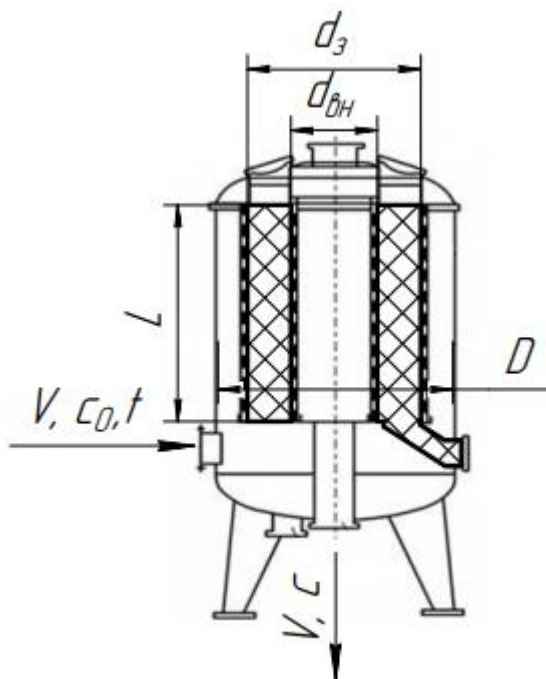


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема кільцевого адсорбера

Вихідні дані:

Діаметр апарата D , м	2.6.
Продуктивність V , м ³ /с	3.7.
Діаметр зовнішньої поверхні корзини d_3 , м	2.2.
Діаметр внутрішньої поверхні корзини $d_{вн}$, м	1.5.
Висота шару адсорбенту L , м	3.2.
Температура суміші на вході t , °C	40

Абсолютний тиск при адсорбції p , МПа · · · · · 0.1;
 Концентрація на вході c_0 , кг/м³ · · · · · 0.03;
 Концентрація на виході c , кг/м³ · · · · · $0.3 \cdot 10^{-6}$;
 Густина ацетоно-повітряної суміші $\rho_{\text{сум}}$, кг/м³ · · · · · 1.254;
 Динамічний коефіцієнт в'язкості $\mu_{\text{сум}}$, Па·с · · · · · $17.3 \cdot 10^{-6}$;
 Кінематичний коефіцієнт в'язкості $\nu_{\text{сум}}$, м²/с · · · · · $1.338 \cdot 10^{-5}$;
 Розмір часток сорбенту $d_{\text{ч}}$, м · · · · · 0.003;
 Середній радіус пор $r_{\text{пор}}$, м · · · · · $30 \cdot 10^{-10}$;
 Насипна густина сорбенту $\rho_{\text{нас}}$, кг/м³ · · · · · 450;
 Густина часток $\rho_{\text{ч}}$, кг/м³ · · · · · 750;
 Густина вугілля $\rho_{\text{вуг}}$, кг/м³ · · · · · 2000;
 Молекулярна маса ацетону M , г/моль · · · · · 58.08;
 Коефіцієнт дифузії в системі ацетон-повітря
 при 0 °С та нормальному тиску D_0 , м²/с · · · · · $0.109 \cdot 10^{-4}$.

Порядок розрахунку:

- 1) Побудова ізотерми адсорбції.
- 2) Знаходження коефіцієнта масопередачі.
- 3) Визначення необхідного тривалості проходження процесу адсорбції.
- 4) Визначення гідравлічного опору апарата.

5.1.1.1 Побудова ізотерми адсорбції.

Побудова виконана відповідно до алгоритму наведеного у [23, С. 331-333].

По відомій ізотермі адсорбції парів бензолу при 20 °С [23, рис. 7] побудуємо ізотерму адсорбції парів ацетону при 40 °С на тому ж вугіллі. Для цього спочатку знаходимо коефіцієнт афінності ацетону який дорівнює $\beta_a = 0.88$ [23, с. 16].

На ізотермі адсорбції ацетону бензолу береться ряд довільних точок, координати яких наведені у таблиці 5.1. Наведено розрахунок однієї з таких точок, що має координату тиску насиченого пару

$$P_1 = 10 \text{ мм. рт. ст.}$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При такому тиску $a_1(P_1) = 0.262$ кг/кг, [23, рис. 153].

При такому значенні тиску адсорбційний потенціал парів бензолу дорівнює
 $\varepsilon_1 = 1.178$ ккал/моль

Тоді для ацетону:

$$\varepsilon_{a1} = \varepsilon_1 \cdot \beta_a = 1.178 \cdot 0.88 = 1.037 \text{ ккал/моль}$$

Тиск насиченої пари бензолу, що відповідає знайденому адсорбційному потенціалу ε_{a1} при 40°C дорівнює $P'_1 = 36$ мм. рт. ст. [23, рис. 7].

Перераховується тиск насиченої пари бензолу P'_1 на тиск насиченої пари ацетону P_2 :

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{P_{s-1}}{P_{s-2}} = 36 \cdot \frac{422}{181} = 84 \text{ мм. рт. ст.},$$

де P_{s-1}, P_{s-2} – тиск насиченої пари ацетону та бензолу при 40 °С відповідно. Значення були взяті з [24, дод. XI].

Визначається величина a_2 :

$$a_2 = a_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} = 0.262 \cdot \frac{768}{858} = 0.234 \frac{\text{кг}}{\text{кг}},$$

де ρ_1, ρ_2 – густини ацетону та бензолу при 40 °С відповідно. Значення були взяті з [24, дод. I].

Таким чином, координати точки, що була знайдена для ізотерми адсорбції, будуть:

$$P_2 = 84 \text{ мм. рт. ст; } a_2 = 0.234 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Результати розрахунку інших точок наведені у таблиці 5.1. Для зручності аналізу розраховані значення тиску були переведені у СІ. Для порівняння на графіку також наведена ізотерма адсорбції ацетону при 20 °С.

5.1.1.2 Знаходження коефіцієнта масопередачі.

Площа решітки зовнішньої частини корзини, м²:

$$S_{\text{зовн.к}} = \pi \cdot d_3 \cdot L = 3.14 \cdot 2.2 \cdot 3.2 = 22.12 \text{ м}^2$$

Площа решітки внутрішньої частини корзини, м²:

$$S_{\text{вн.к}} = \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot L = 3.14 \cdot 1.5 \cdot 3.2 = 15.08 \text{ м}^2$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня площа поперечного перерізу, повз котру проходить газова суміш, м²:

$$S_{\text{сер}} = \frac{S_{\text{зовн.к}} + S_{\text{вн.к}}}{2} = \frac{22.12 + 15.08}{2} = 18.6$$

Таблиця 5.1 – Розраховані точки для побудови ізотерми адсорбції парів ацетону.

P ₁ ,кПа	a ₁ , кг/кг	ε ₀ , кДж/моль	ε ₁ , кДж/моль	P ₂ ,кПа	a ₂ , кг/кг
0	0	0	0	0	0
1,333	0,262	4,9321	4,7988	11,188	0,2345
2,666	0,28	3,182	8,2646	19,269	0,2506
3,999	0,29	2,219	11,197	26,106	0,2596
5,332	0,295	1,5491	13,33	31,079	0,2641

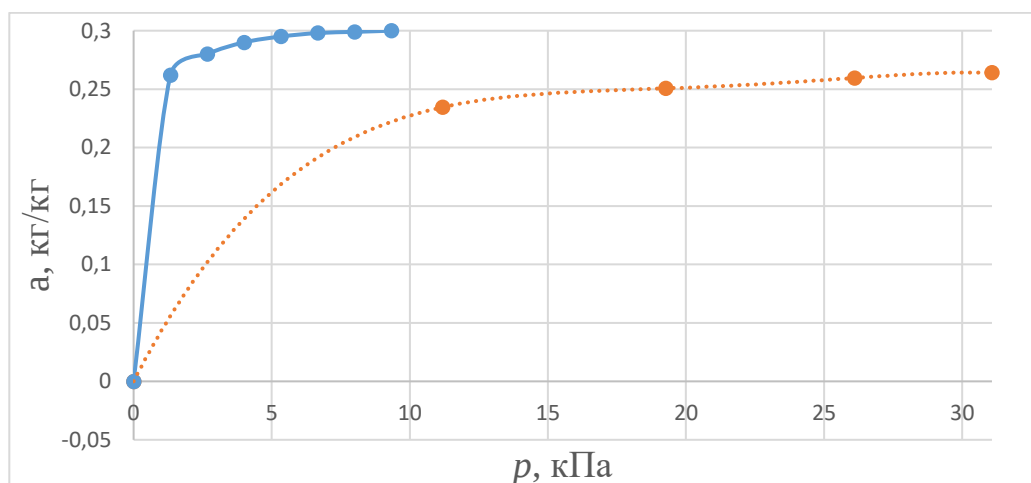


Рисунок 5.2 – Графік ізотерм адсорбції бензолу при 20 °C та ацетону при 40 °C

Середня фіктивна швидкість газової суміші, м/с:

$$w_r = \frac{V}{S_{\text{сер}}} = \frac{1.2}{18.6} = 0.065$$

Коефіцієнт дифузії в системі ацетон-повітря при 0 °C та нормальному тиску дорівнює $0.109 \cdot 10^{-4}$ м²/с [23].

Розраховуємо коефіцієнт дифузії обернено пропорційно тиску, для $p = 0.1$ МПа і $t = 40$ °C = 313.15 K знаходимо:

$$D_{\text{диф}} = D_0 \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{p_0}{p} = 0.109 \cdot \left(\frac{313.15}{273.15}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{0.1}{0.1} = 1.338 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2,$$

де $T_0 = 273,15$ K;

Еквівалентний діаметр часток сорбенту, м:

$$d_{\text{екв}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\varepsilon \cdot d_{\text{ч}}}{1 - \varepsilon} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0.4 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{1 - 0.4} = 1.33 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Коефіцієнт масопередачі газового середовища, м/с:

$$\beta_y = 0.355 \frac{w}{\varepsilon} \left(\frac{w \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot d_{\text{екв}}}{\mu_{\text{сум}}} \right)^{-0.359} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{сум}}}{\rho_{\text{сум}} \cdot D_{\text{диф}}} \right)^{-0.667} =$$

$$= 0.355 \frac{0.065}{0.4} \left(\frac{0.065 \cdot 1.254 \cdot 1.33 \cdot 10^{-3}}{17.3 \cdot 10^{-6}} \right)^{-0.359} \cdot \left(\frac{17.3 \cdot 10^{-6}}{1.254 \cdot 1.338 \cdot 10^{-5}} \right)^{0.667} =$$

$$= 0.029$$

Порозність шару та пористість часток зв'язані з параметрами, що характеризують густину сорбенту наступним чином:

$$\varepsilon = \frac{\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{нас}}}{\rho_{\text{ч}}} = \frac{750 - 450}{750} = 0.4$$

$$\varepsilon_{\text{ч}} = \frac{\rho_{\text{вуг}} - \rho_{\text{ч}}}{\rho_{\text{вуг}}} = \frac{2000 - 750}{2000} = 0.625$$

Питома поверхня контакту фаз:

$$f = \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d} = \frac{6 \cdot (1 - 0.4)}{3 \cdot 10^{-3}} = 1200 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^3}.$$

Коефіцієнт дифузії в порах, м²/с:

$$D_{\text{п}} = \frac{\varepsilon_{\text{ч}} \cdot D_{\text{диф}}}{2} \cdot \left[1 - e^{-\frac{4 \cdot r_{\text{пор}}}{3 \cdot D_{\text{диф}}} \sqrt{\frac{8 \cdot R \cdot T}{M_{\text{ац}}}}} \right] =$$

$$= \frac{0.625 \cdot 1.338 \cdot 10^{-5}}{2} \cdot \left[1 - e^{-\frac{4 \cdot 30 \cdot 10^{-10}}{3 \cdot 1.338 \cdot 10^{-5}} \sqrt{\frac{8 \cdot 8.314 \cdot 313.15}{58.08 \cdot 10^{-3}}}} \right] = 6.854 \cdot 10^{-7}$$

Коефіцієнт масопередачі у порах, м/с:

$$\beta_{\text{п}} = \frac{10 \cdot D_{\text{п}}}{d_{\text{екв}}} = \frac{10 \cdot 6.854 \cdot 10^{-7}}{1.33 \cdot 10^{-3}} = 5.14 \cdot 10^{-4}$$

Коефіцієнт дифузії у твердому матеріалі [23, с. 277], м²/с:

$$D_{\text{т}} = 3 \cdot 10^{-10}$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Коефіцієнт масопередачі у твердому матеріалі, м/с:

$$\beta_T = \frac{10 \cdot D_T}{d_{\text{екв}} \cdot (1 - \varepsilon)} \cdot \frac{\rho_{\text{нас}} \cdot a_0(C_0)}{C_0} =$$

$$= \frac{10 \cdot 3 \cdot 10^{-10}}{1.33 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0.4)} \cdot \frac{450 \cdot 0.056}{0.03} = 3.175 \cdot 10^{-3}$$

Коефіцієнт масопередачі, м/с:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{\beta_T + \beta_n}} = \frac{1}{\frac{1}{0.029} + \frac{1}{3.175 \cdot 10^{-3} + 5.14 \cdot 10^{-4}}} = 6.47 \cdot 10^{-3}$$

Об'ємний коефіцієнт масопередачі, с⁻¹:

$$K_V = K \cdot f = 6.47 \cdot 10^{-3} \cdot 1200 = 7.76$$

5.1.1.3 Визначення необхідного тривалості проходження процесу адсорбції.

Оскільки процес відбувається у першій області (див рис. 1), де ізотерма адсорбції вважається прямолінійною, то тривалість процесу адсорбції буде рівною, с:

$$\tau = \left(\sqrt{\frac{a_0 \cdot \rho_{\text{нас}}}{w \cdot C_0}} \cdot \sqrt{\frac{d_{\text{зовн}} - d_{\text{вн}}}{2}} - b \cdot \sqrt{\frac{a_0 \cdot \rho_{\text{нас}}}{K_V \cdot C_0}} \right)^2 =$$

$$= \left(\sqrt{\frac{0.056 \cdot 450}{0.065 \cdot 0.03}} \cdot \sqrt{\frac{2.2 - 1.5}{2}} - 1.84 \cdot \sqrt{\frac{0.056 \cdot 450}{7.76 \cdot 0.03}} \right)^2 = 2\,357 \text{ с} \approx 39 \text{ хв},$$

де величина b береться для ряду значень C/C_0 [23, табл. 9.3] у даному випадку дорівнює 1.84.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

5.1.2 Матеріальний баланс

Розрахунок виконано відповідно до вказівок [25].

Приймаються наступні припущення:

- вугілля після регенерації містить 5% вологи і 1% ацетону;
- в процесі адсорбції вологість вугілля не змінюється;
- вугілля орієнтовно поглинає за операцію 99% загальної кількості ацетону, що надходить в адсорбер.

Матеріальний баланс процесу адсорбції:

$$G_{\text{вуг}} + G_{\text{вол.вуг}} + G_{\text{ац.вуг}} + G_{\text{ппс}} = G'_{\text{вуг}} + G'_{\text{вол.вуг}} + G'_{\text{ац.вуг}} + G'_{\text{ппс}}$$

Маса вугілля у корзині адсорбера $G_{\text{вуг}}$, кг.

$$G_{\text{вуг}} = \frac{\pi}{4} \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot (d_{\text{зовн}}^2 - d_{\text{вн}}^2) = \frac{3.14}{4} \cdot 450 \cdot (2.2^2 - 1.5^2) = 2\,929.$$

Маса вологи у вугіллі $G_{\text{вол.вуг}}$, кг:

$$G_{\text{вол.вуг}} = G_{\text{вуг}} \cdot 0.05 = 2\,929 \cdot 0.05 = 146.5.$$

Маса ацетону у регенованому вугіллі $G_{\text{ац.вуг}}$, кг

$$G_{\text{ац.вуг}} = G_{\text{вуг}} \cdot 0.01 = 2\,929 \cdot 0.01 = 29.3.$$

Маса адсорбенту на початку процесу адсорбції $G_{\text{ад}}$, кг:

$$G_{\text{ад}} = G_{\text{вуг}} + G_{\text{вол.вуг}} + G_{\text{ац.вуг}} = 2\,929 + 146.5 + 29.3 = 3104.8$$

Маса пароповітряної суміші, що проходить за одну операцію адсорбції, $G_{\text{ппс}}$, кг:

$$G_{\text{ппс}} = V \cdot \tau \cdot \rho_{\text{сум}} = 1.2 \cdot 39 \cdot 60 \cdot 1.254 = 3\,547$$

Температура повітря на вході $t = 40\,^{\circ}\text{C}$, відносна вологість 30%.

За діаграмою Рамзіна вологовміст $X_0 = 0.014\, \text{кг/кг}$ сухого повітря.

Кількість вологи, що надходить з повітрям $G_{\text{вол}}$, кг:

$$G_{\text{вол}} = \frac{G_{\text{ппс}} \cdot X_0}{1 + X_0} = \frac{3\,547 \cdot 0.014}{1 + 0.014} = 49.$$

Кількість пари ацетону, що поглинається адсорбентом $G_{\text{ац.сорб}}$, кг:

$$G_{\text{ац.сорб}} = G_{\text{ппс}} \cdot (C_0 - C) = 3\,547 \cdot (0.030 - 3 \cdot 10^{-7}) = 106.4$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна кількість ацетону у відпрацьованому вугіллі $G'_{\text{ац.вуг}}$, кг:

$$G'_{\text{ац.вуг}} = G_{\text{ац.вуг}} + G_{\text{ац.сорб}} = 29.3 + 106.4 = 135.7$$

Загальна маса речовини, що бере участь у процесі адсорбції G , кг:

$$G = G_{\text{вуг}} + G_{\text{вол.вуг}} + G_{\text{ац.вуг}} + G_{\text{ппс}} = 2\,929 + 146.5 + 29.3 + 3\,547.$$

Таблиця 5.2 – Матеріальний баланс стадії адсорбції

Речовина	На початку процесу, кг	В результаті процесу, кг
Ацетон у адсорбенті	29.3	135.7
Адсорбент	3104.8	3211.2
Ацетон у ППС	106.41	0.001
ППС	3547	3440.6

5.1.3 Розрахунок стадії десорбції

Десорбцію здійснюють водяною парою з тиском 0.1 МПа. Вся система (крім теплоізоляції) нагрівається до 100 °С. Адсорбер виготовлений зі сталі 12Х18Н10Т, ізолюваний теплоізоляцією зі матів скляного шпательного волокна типу МС-35 товщиною 0.1 м.

Теплота, що витрачається на нагрівання адсорбера Q_1 , кДж:

$$Q_1 = G_1 \cdot C_1 \cdot (t_{1к} - t_{п}) = 4\,113 \cdot 0.462 \cdot (100 - 40) = 114\,000,$$

C_1 – теплоємність сталі 12Х18Н10Т.

Теплота, що витрачається на нагрівання вугілля Q_2 , кДж:

$$Q_2 = G_{\text{вуг}} \cdot C_2 \cdot (t_{1к} - t_{п}) = 2\,929 \cdot 0.838 \cdot (100 - 40) = 147\,600,$$

Теплота, що витрачається на нагрівання вологи, що знаходиться у вугіллі Q_3 , кДж:

$$Q_3 = G_{\text{вол.вуг}} \cdot C_3 \cdot (t_{1к} - t_{п}) = 146.5 \cdot 4.19 \cdot (100 - 40) = 36\,910,$$

Теплота, що витрачається на нагрівання ацетону, що знаходиться у вугіллі Q_4 , кДж:

$$Q_4 = G'_{\text{ац.вуг}} \cdot C_4 \cdot (t_{1к} - t_{п}) = 135.7 \cdot 2.3 \cdot (100 - 40) = 18\,730,$$

C_4 – теплоємність ацетону [24].

Теплота, що витрачається на десорбцію ацетону, що знаходиться у вугіллі Q_5 , кДж:

$$Q_5 = G_{\text{вуг}} \cdot q_{\text{ац}} = 2\,929 \cdot 97 = 284\,100.$$

Витрата пари на нагрівання системи, десорбцію ацетону з вугілля, D_1 , кг:

$$D_1 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5}{i_{\text{п}} - i_{\text{к}}} = \\ = \frac{114\,000 + 147\,600 + 36\,910 + 18\,730 + 284\,100}{2258 - 419} = 327,$$

де $i_{\text{п}}=2744$ кДж/кг – питома теплота конденсації водяної пари;
 $i_{\text{к}} = 419$ кДж/кг – ентальпія конденсату пари при 100 °С.

Витрата пари D_2 на компенсацію негативної теплоти змочування вугілля водою (у вугіллі залишається 90% конденсату гріючої пари D_1)

$$D' = \frac{D_1 \cdot 0.9}{M_{\text{води}}} = \frac{327 \cdot 0.9}{18} = 16.4 \text{ кмоль}$$

Теплота адсорбції води вугіллям при 100 °С $q = 32857$ кДж/кмоль при 0.1 МПа теплота конденсації пари 2262 кДж/кг, тоді теплота конденсації $q_{\text{к}}$, кДж/кмоль:

$$q_{\text{к}} = 2262 \cdot 18 = 40\,720.$$

Теплота змочування $q_{\text{зм}}$, кДж/кмоль:

$$q_{\text{зм}} = q - q_{\text{к}} = 32\,857 - 40\,720 = -7863.$$

Маса динамічної пари, кг:

$$D_2 = \frac{D' \cdot q_{\text{зм}}}{i_{\text{п}} - i_{\text{к}}} = \frac{16.4 \cdot 7863}{2258 - 419} = 69.9.$$

Маса пари що конденсується у адсорбері D_3 , кг:

$$D_3 = D_1 + D_2 = 327 + 69.9 = 396.9.$$

З них у вугіллі залишається

$$G_{\text{вол.зал}} = D_1 \cdot 0.9 = 327 \cdot 0.9 = 294.3 \text{ кг},$$

тоді вологи у вугіллі:

$$G_{\text{вол.заг}} = G_{\text{вол.зал}} + G_{\text{вол.вуг}} = 294.3 + 146.5 = 440.8 \text{ кг}.$$

Маса динамічної пари D_4 [23], кг:

$$D_4 = 3 \cdot G_{\text{ац}} = 3 \cdot 135.7 = 407.1.$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна витрата пари на десорбцію $D_{\text{дес}}$, кг:

$$D_{\text{дес}} = D_3 + D_4 = 396.9 + 407.1 = 804.$$

Об'ємні витрати пари на десорбцію $V_{\text{дес}}$, м³:

$$V_{\text{дес}} = \frac{D_{\text{дес}}}{\rho_{\text{парі}}} = \frac{804}{0.6} = 1\,347.$$

Приймаємо об'ємний потік пари, що витрачається на десорбцію рівною 1.2 м³/с. У такому випадку тривалість стадії десорбції $\tau_{\text{дес}}$ складатиме, хв:

$$\tau_{\text{дес}} = \frac{V_{\text{дес}}}{1.2 \cdot 60} = \frac{1\,347}{1.2 \cdot 60} = 19.$$

5.1.4 Розрахунок стадії сушки

Температура після сушіння знижується до $t_{1к} = 70$ °С. Сушіння проводять повітрям, нагрітим у до $t_{1п}=100$ °С повітрям, відносна вологість повітря, що виходить з адсорбера у перший момент сушіння φ_2 досягає 90%.

Кількість теплоти, яка віддається адсорбером Q_1 , кДж:

$$Q_1 = G_1 \cdot C_1 \cdot (t_{1к} - t_{п}) = 4\,113 \cdot 0.462 \cdot (70 - 100) = -57\,010,$$

Кількість теплоти, яка віддається вугіллям Q_2 , кДж:

$$Q_2 = G_{\text{вуг}} \cdot C_2 \cdot (t_{1к} - t_{п}) = 2\,929 \cdot 0.838 \cdot (70 - 100) = -73\,810,$$

Кількість теплоти, яка віддається вологою і залишається в вугіллі після десорбції. Загальна кількість вологи після десорбції 440.8 кг, з них при сушінні видаляється 294.3 кг, а 146.5 кг залишається у вугіллі.

$$Q_3 = G_{\text{вол.вуг}} \cdot C_3 \cdot (t_{1к} - t_{п}) = 146.5 \cdot 4.19 \cdot (70 - 100) = -18\,450,$$

Сумарна кількість теплоти, що віддається системою Q , кДж:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -57\,010 - 73\,810 - 18\,450 = -149\,300.$$

Питома кількість тепла, що віддається системою без урахування втрат q :

$$q = \frac{Q}{D_{\text{вол.зал}}} = -\frac{149\,300}{294.3} = -507.3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг вологи}}.$$

Питома теплота змочування $q_{\text{зм}}$:

$$q_{\text{зм}} = -\frac{7863}{18} = -436.8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг вологи}}$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 7863 кДж – теплота змочування вугілля водою, віднесена до 1 кмоль води (дивися стадію десорбції).

Різниця між надходженням і витратою теплоти Δ :

$$\Delta = t_c \cdot C_3 - (q + q_{зм}) = 100 \cdot 4.19 - (-507.3 + 436.8) = 1\,364 \frac{\text{кДж}}{\text{кг вологи}}.$$

Знаючи величину Δ будуємо лінію дійсного сушіння (рисунок 5.3). З точки А з координатами $t = 40^\circ\text{C}$ та $\varphi = 30\%$ проводимо вертикальну пряму до перетину з прямою $t = 100^\circ\text{C}$. На місці перетину позначаємо точку В. З будь якої точки на лінії теоретичного сушіння проводиться пряма FE довжиною 10 мм. З точки Е проводиться пряма EO паралельна вісі ординат. Довжина відрізка EO визначається наступним чином:

$$EO = EF \frac{\Delta}{m} = 10 \frac{1364}{2095} = 6.51 \text{ мм},$$

де m – коефіцієнт масштабу.

Вологовміст повітря до та після процесу сушіння:

$$X_0 = 0.014 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}; X_2 = 0.061 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

Середній вологовміст $X_{\text{сер}}$:

$$X_{\text{сер}} = \frac{X_0 + X_2}{2} = \frac{0.014 + 0.061}{2} = 0.0375 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

Питома витрата повітря l :

$$l = \frac{1}{X_{\text{сер}} - X_0} = \frac{1}{0.0375 - 0.014} = 19.42 \frac{\text{кг}}{\text{кг вологи}}.$$

Загальна витрата сухого повітря L :

$$L = D_{\text{вол.зал}} \cdot l = 294.3 \cdot 19.42 = 5\,716 \text{ кг},$$

вологого повітря:

$$L_{\text{вол}} = L \cdot (1 + X_0) = 5\,716 \cdot (1 + 0.014) = 5\,796 \text{ кг},$$

кількість вологи:

$$G_{\text{вол}} = L \cdot X_0 = 5\,716 \cdot 0.014 = 80 \text{ кг}.$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

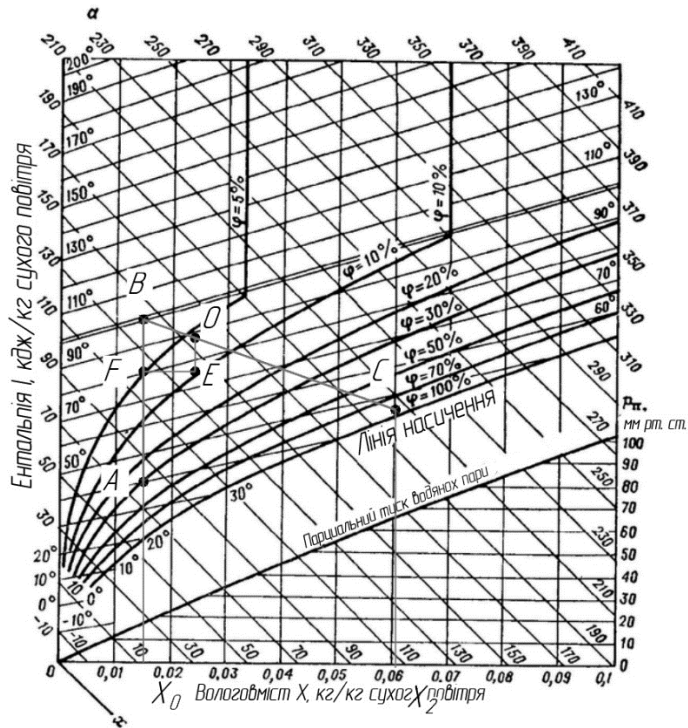


Рисунок 5.3 – схема процесу сушіння на діаграмі Рамзіна

Вологість вугілля після сушіння 5% (див. стадію десорбції), за графіком рисунок 5.3 , тривалість сушіння від початкової вологості 13.55% до кінцевої 5% приблизно 40 хв.

5.1.5 Розрахунок стадії охолодження

Витрата повітря, яке охолоджується, в одиницю часу при рівних швидкостях можна приймати рівним $3.7 \text{ м}^3/\text{с}$.

Швидкість подачі повітря:

$$w_{\text{суш}} = \frac{V_{\text{суш}}}{S_{\text{сер}}} = \frac{3.7}{18.6} = 0.199 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_{\text{суш}} \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot d_{\text{екв}}}{\mu_{\text{пов}}} = \frac{0.199 \cdot 1.226 \cdot 0.00133}{0.179 \cdot 10^{-6}} = 18.17$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha'' = 0.23 \cdot \frac{\lambda_{\text{пов}}}{d_{\text{екв}}} \cdot Re^{0.86} = 0.23 \cdot \frac{0.026}{0.00133} \cdot 18.17^{0.86} = 54.1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

де $\lambda_{\text{пов}}$ – коефіцієнт теплопровідності повітря.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вводимо поправку на внутрішній термічний опір зерен вугілля. Визначаємо критерій Біо:

$$Bi = \frac{\alpha'' \cdot \frac{d_{\text{екв}}}{2}}{\lambda_{\text{вуг}}} = \frac{54.1 \cdot \frac{0.00133}{2}}{0.17} = 0.212,$$

де $\lambda_{\text{вуг}}$ – коефіцієнт теплопровідності вугілля.

Уточнений коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha' = \frac{\alpha''}{1 + \frac{1}{5} \cdot Bi} = \frac{54.1}{1 + 0.2 \cdot 0.212} = 27.8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Об'ємний коефіцієнт теплопередачі:

$$\alpha_V = \alpha' \cdot \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d_{\text{екв}}} = 27.8 \cdot \frac{6 \cdot (1 - 0.4)}{0.00133} = 75\,160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}.$$

Якщо вологість вугілля 5%, так як на вугіллі залишається 39 кг води, то теплоємність вугілля з цієї вологістю дорівнює:

$$C_{\text{вуг.вол}} = C_{\text{вуг.сух}} + 0.05 \cdot C_{\text{води}} = 0.838 + 0.05 \cdot 4.2 = 1.048 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}.$$

Водяне число вугільного шару:

$$W_{\text{вуг}} = G_{\text{вуг}} \cdot C_{\text{вуг.вол}} = 2\,929 \cdot 1.048 = 3\,068 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}$$

Водяне число потоку повітря:

$$W_{\text{пов}} = V_{\text{суш}} \cdot C_{\text{пов}} = 3.7 \cdot 1\,005 = 3\,719 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}$$

Визначаємо тривалість процесу охолодження:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{охол}} &= \left(\frac{W_{\text{вуг}}}{\alpha_V \cdot \frac{G_{\text{вуг}}}{\rho_{\text{нас}}}} + \frac{W_{\text{вуг}}}{W_{\text{пов}}} \right) \cdot \ln \left(\frac{t_{\text{вуг}}^{\text{п}} - t_{\text{пов}}^{\text{п}}}{t_{\text{вуг}}^{\text{к}} - t_{\text{пов}}^{\text{п}}} \right) = \\ &= \left(\frac{3\,068}{75\,160 \cdot \frac{2\,929}{450}} + \frac{3\,068}{3\,719} \right) \cdot \ln \left(\frac{70 - 40}{45 - 40} \right) = 1.49 \text{ год.} \end{aligned}$$

Приймаємо $\tau_{\text{охол}} = 1.5 \text{ год} = 90 \text{ хв.}$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

5.1.6 Гідравлічний розрахунок

Швидкість повітря в отворах решітки при живому перетині $\varphi = 0.03$, м/с:

$$w_o = \frac{w}{\varphi} = \frac{0.497}{0.03} = 16.6.$$

Діаметр отворів решітки $d_o = 0.002$ м, товщина решітки $\delta = 0.004$ м.
 $C = 0.75$ при $\frac{d_o}{\delta} = 0.5$ [рис. 3.7, 26].

Опір решітки, Па:

$$\Delta p_{\text{реш}} = 0.5 \cdot w_o^2 \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot \frac{1 - \varphi^2}{C^2} = 0.5 \cdot 16.6^2 \cdot 1.254 \cdot \frac{1 - 0.03^2}{0.75^2} = 306.$$

Для випадку, коли потік рухається повз нерухомий шар зернистого адсорбенту, цей перепад тиску визначають за формулою:

$$\Delta p_{\text{сорб}} = \lambda \cdot \frac{L \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot a \cdot \omega^2}{8 \cdot \varepsilon_q^2},$$

де Φ – коефіцієнт форми, для кулі є рівним 1 [23, с. 155].

Коефіцієнт тертя λ є функцією від критерію Рейнольдса

$$\lambda = f(Re),$$

де

$$Re = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Phi}{1 - \varepsilon} Re_o,$$

де Re_o – модифікований критерій Рейнольдса

$$Re_o = \frac{w \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot d_{\text{екв}}}{\mu_{\text{сум}}} = \frac{0.497 \cdot 1.254 \cdot 1.33 \cdot 10^{-3}}{17.3 \cdot 10^{-6}} = 48$$

Тоді:

$$Re = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Phi}{1 - \varepsilon} Re_o = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{1 - 0.4} 48 = 53.4.$$

$$\lambda = \frac{220}{Re} = \frac{220}{53.4} = 4.12.$$

$$\Delta p_{\text{сорб}} = \lambda \cdot \frac{L \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot a \cdot \omega^2}{8 \cdot \varepsilon_q^2} =$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= \frac{3}{4} \cdot 4.12 \cdot \frac{0.35 \cdot 1.254 \cdot 1200 \cdot 0.497^2}{8 \cdot 0.625^2} = 420 \text{ Па}$$

де L – товщина шару адсорбента.

Загальний гідравлічний опір апарата, Па:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{сорб}} + 2\Delta p_{\text{реш}} = 402 + 2 \cdot 306 = 1\,031.$$

Висновок:

Отже, для адсорбції необхідної кількості ацетону, а значить і отримання на виході газової суміші з необхідними параметрами, потрібно аби цикл роботи адсорбера мав наступні стадії:

Стадія адсорбції

Витрати паро-повітряної суміші $1.2 \text{ м}^3/\text{с}$, тривалість 39 хв.

Стадія регенерації

Витрати пари $1.2 \text{ м}^3/\text{с}$, тривалість 19 хв.

Стадія сушки

Витрати повітря температурою 100°C $2.4 \text{ м}^3/\text{с}$, тривалість 40 хв.

Стадія охолодження

Витрати повітря температурою 45°C $3.7 \text{ м}^3/\text{с}$, тривалість 90 хв.

При таких характеристиках адсорбер матиме гідравлічний опір у $1\,031 \text{ Па}$.

5.2 Конструктивний розрахунок

Метою розрахунку є визначення діаметрів штуцерів, товщини еліптичного днища, стінки сталевий обичайки корпусу адсорбера, яка б витримувала навантаження від внутрішнього тиску в апараті та параметрів опорних лап.

Вихідні дані до розрахунку:

Розрахункова температура $t_R, ^\circ\text{C}$ 40;

Внутрішній(абсолютний) тиск p , МПа 0,1;

Допустиме напруження матеріалу стінки

при температурі 100°C : $[\sigma]$, МПа 174;

Внутрішній діаметр сталевий циліндричної обичайки D , м 2,5;

Матеріал стінки сталь 12Х18Н10Т.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.1 Розрахунок товщини циліндричної обичайки

Розрахункову схему зображено на рисунку 5.4.

Розрахунок здійснюється за методикою [27].

Для стикового шва з підварюванням кореня, що виконується вручну, коли довжина контрольованих зварних швів становить 100 % від загальної довжини $\varphi_p = 1$.

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки S_R :

$$S_R = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} = \frac{0.1 \cdot 2.6}{2 \cdot 174 \cdot 1 - 0.1} = 0.74 \text{ мм}$$

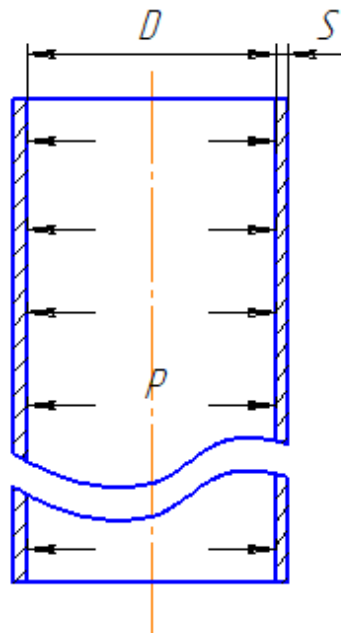


Рисунок 5.4 – Розрахункова схема обичайки, навантаженої внутрішнім тиском

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва φ_p :

Додаток до розрахункової товщини для компенсації ерозії C_e :

$$C_e = 0 \text{ мм.}$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії C_1 :

Оскільки у довідковій літературі не було знайдено даних щодо швидкості корозії у при даних умовах, то приймається, що

$$C_1 = 2 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні S^1 :

$$S^1 = S_R + C_1 + C_0 = 0.74 + 2 + 0.26 = 3 \text{ мм},$$

Обираємо $C_0 = 0.26$ мм через те, що найближча товщина листового прокату становить 3 мм

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску C_2 .

Граничне відхилення по товщині прокату листового холоднокатаного 3 мм нормальної точності при його ширині від 1000 до 1500 включно становить 0.19 мм, тобто $C_2 = 0.19$ мм.

Технологічний додаток до розрахункової товщини C_3 :

$$C_3 = 0 \text{ мм}.$$

Сума додатків до розрахункової товщини C :

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

$$\frac{C_2 + C_3}{S^1} = \frac{0.19 + 0}{3} = 0.063 > 0,05, \text{ тому}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 0.19 + 0 = 2.19 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки S :

$$S = S_R + C + C_0 = 0.74 + 2.19 + 0.253 = 3 \text{ мм}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1 \text{ для обичайок і труб при } D \geq 0,2 \text{ м}$$

$$\frac{S - C}{D} = \frac{3 - 2.19}{2600} = 3.3 \cdot 10^{-4} \leq 0,1$$

$S \geq 2,5 \cdot 10^{-3}$ м для обичайок із сталей аустенітного і аустенітно-феритного класів.

$$3 \cdot 10^{-3} \geq 2,5 \cdot 10^{-3}$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимий внутрішній надлишковий тиск $[p]$:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 174 \cdot 1 \cdot (3 - 2.19) \cdot 10^{-3}}{2.6 + (3 - 2.19) \cdot 10^{-3}} = 0.116 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності:

$$p \leq [p]$$

$$0.1 \text{ МПа} \leq 0.116 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

5.2.2 Розрахунок товщини еліптичного днища

Розрахункову схему зображено на рисунку 5.5.

Розрахунок виконано відповідно до алгоритму наведеному у [27].

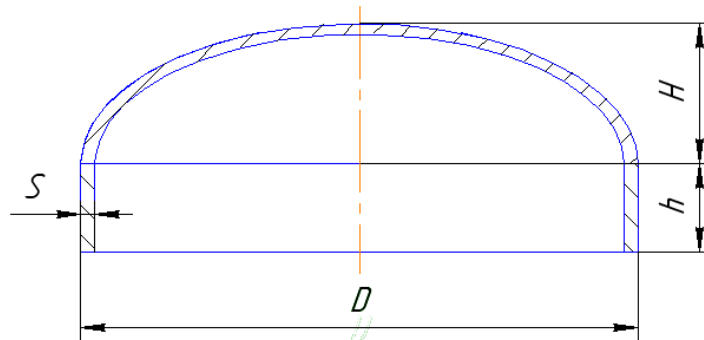


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема днища, навантаженого внутрішнім тиском

Внутрішній радіус кривизни у вершині кришки або днища R_e

Оскільки для проектування розглядається стандартне днище $h_b = 0,25 D$, то $R_e = D = 2.6 \text{ м}$.

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва φ_p :

$$\varphi_p = 1.$$

Розрахункова товщина стінки днища $S_{днR}$:

$$S_{днR} = \frac{p \cdot R_e}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - 0,5 \cdot p} = \frac{0,1 \cdot 2.6}{2 \cdot 174 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,1} = 0.74 \text{ мм}$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації ерозії C_e :

$$C_e = 0 \text{ мм}.$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії C_1 :

$$C_1 = 2 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки у першому наближенні $S_{\text{дн}}^1$:

$$S_{\text{дн}}^1 = S_{\text{днR}} + C_1 + C_0 = 0.74 + 2 + 0.26 = 3 \text{ мм}$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску C_2 :

$$C_2 = 0.19 \text{ мм.}$$

Сума додатків до розрахункової товщини C :

$$\frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}^1} = \frac{0.19 + 0}{2.6} = 0.062 > 0.05, \text{ тому}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 0.19 + 0 = 2.19 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки днища, що виконується без відбортовки $S_{\text{дн}}$:

$$S_{\text{дн}} = S_{\text{днR}} + C + C_e = 0.74 + 2.19 + 0.07 = 3 \text{ мм.}$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску C_2 :

$$C_2 = 0.19 \text{ мм.}$$

Сума додатків до розрахункової товщини C :

$$C = \begin{cases} C_1, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} \leq 0.05; \\ C_1 + C_2 + C_3, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} > 0.05 \end{cases},$$

$$\frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} = \frac{0.19 + 0}{3} = 0.063 > 0.05, \text{ тому}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 0.19 + 0 = 2.19 \text{ мм}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул.

$$\begin{cases} 0.002 \leq \frac{S_{\text{дн}} - C}{D} \leq 0.1; \\ 0.2 \leq \frac{h_{\text{в}}}{D} \leq 0.5. \end{cases},$$

$$\begin{cases} 0.002 \leq \frac{3 - 2.19}{2500} \leq 0.1; \\ 0.2 \leq \frac{0.625}{2.6} \leq 0.5. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.002 \neq 0.0003 \leq 0.1; \\ 0.2 \leq 0.25 \leq 0.5. \end{cases}$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови застосування розрахункових формул не виконуються. Збільшимо розрахункову товщину днища $S'_{\text{днR}}$ до 5 мм.

Тоді виконавча товщина стінки обичайки у першому наближенні $S_{\text{дн}}^1$:

$$S_{\text{дн}}^2 = S'_{\text{днR}} + C_1 + C_0 = 5 + 2 + 0 = 7 \text{ мм}$$

Тоді додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску C_2 :

$$C_2 = 0.6 \text{ мм.}$$

Сума додатків до розрахункової товщини C :

$$C = \begin{cases} C_1, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} \leq 0,05; \\ C_1 + C_2 + C_3, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} > 0,05 \end{cases},$$

$$\frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} = \frac{0.6 + 0}{7} = 0.086 > 0,05, \text{ тому}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 0.6 + 0 = 2.6 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки днища, що виконується без відбортовки $S_{\text{дн}}$:

$$S_{\text{дн}} = S'_{\text{днR}} + C + C_e = 5 + 2.6 + 0.4 = 8 \text{ мм.}$$

Сума додатків до розрахункової товщини C :

$$C = \begin{cases} C_1, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} \leq 0,05; \\ C_1 + C_2 + C_3, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} > 0,05 \end{cases},$$

$$\frac{C_2 + C_3}{S_{\text{дн}}} = \frac{0.8 + 0}{8} = 0.01 > 0,05, \text{ тому}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 0.8 + 0 = 2.8 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки днища, що виконується без відбортовки $S_{\text{дн}}$:

$$S_{\text{дн}} = S'_{\text{днR}} + C + C_e = 5 + 2.8 + 0.2 = 8 \text{ мм.}$$

$$\begin{cases} 0,002 \leq \frac{S_{\text{дн}} - C}{D} \leq 0,1; \\ 0,2 \leq \frac{h_{\text{в}}}{D} \leq 0,5. \end{cases}$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$\begin{cases} 0,002 \leq \frac{8 - 2.6}{3700} \leq 0,1; \\ 0,2 \leq \frac{0.625}{3,7} \leq 0,5. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.002 \leq 0.00208 \leq 0.1; \\ 0.2 \leq 0.25 \leq 0.5. \end{cases}$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск $[p]$:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S_{\text{дн}} - C)}{D + 0,5 \cdot (S_{\text{дн}} - C)} = \frac{2 \cdot 174 \cdot 1 \cdot (8 - 2.8) \cdot 10^{-3}}{2.6 + 0.5 \cdot (8 - 2.8) \cdot 10^{-3}} = 0.695 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності:

$$p \leq [p]$$

$$0.1 \text{ МПа} \leq 0.695 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

5.2.3 Розрахунок опорних стійок

Розрахунок виконаний відповідно до [28].

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.6.

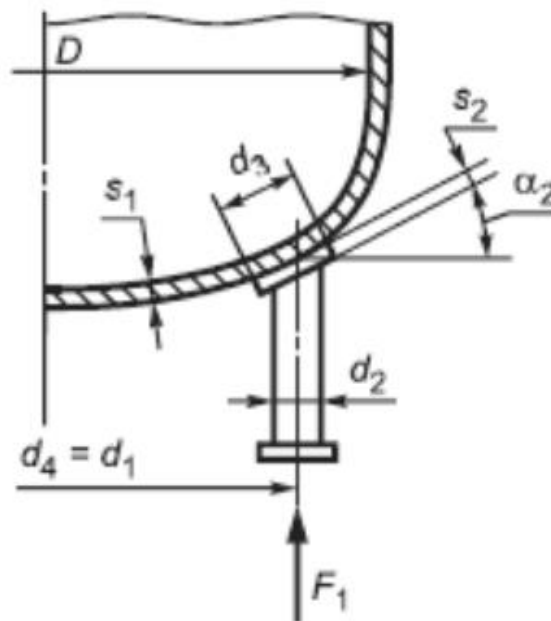


Рисунок 5.6 Схема до розрахунку опорних стійок

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимі напруження для матеріалу обичайки $[\sigma]$.

Для сталі 12X18H10T при 100 °C $[\sigma] = 184$ МПа.

Умови застосування розрахункових формул.

Для еліптичних днищ при кількості опорних лап $n = 4$:

$$\begin{cases} 0 < d_4 < 0.8 \cdot D \\ \frac{G}{4} > \frac{M}{d_4} \end{cases};$$
$$\begin{cases} 0 < 1.5 < 2.08 \\ \frac{84\,270}{4} = 21\,07 > 0 \end{cases}$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

Розрахункова сила, яка діє на опорну стійку F_1 , МН:

$$F_1 = \frac{G}{2} + \frac{M}{d_4} = \frac{84\,270 \cdot 10^{-6}}{2} + \frac{0}{1.5} = 42\,130 \cdot 10^{-6}$$

Радіус кривизни серединної поверхні днища у опорного кола r_m , м:

для еліптичного днища

$$r_m = \frac{2 \cdot D \sqrt{1 - \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{d_4}{D}\right)^2}}{1 + \frac{1}{1 - \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{d_4}{D}\right)^2}} = \frac{2 \cdot 2.6 \sqrt{1 - \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1.5}{2.6}\right)^2}}{1 + \frac{1}{1 - \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1.5}{2.6}\right)^2}} = 1.9$$

Кут нахилу меридіанної дотичної у опорного кола α_2 , град:

$$\alpha_2 = \arcsin \left(\frac{d_4}{2 \cdot D \sqrt{1 - \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{d_4}{D}\right)^2}} \right) = \arcsin \left(\frac{1.5}{2 \cdot 2.6 \sqrt{1 - \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1.5}{2.6}\right)^2}} \right) = 19.5$$

Ефективний діаметр опорної стійки з підкладним листом d_e , м:

для опорних стійок без підкладного листа

$$d_e = d_2 = 0.16$$

Радіус у вершині днища R , м:

для стандартного еліптичного днища

$$R = D = 2.6$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск $[p]$, МПа:

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_1 - C)}{R + 0.5 \cdot (S_1 - C)} = \frac{2 \cdot 174 \cdot 1 \cdot (8 - 2.8)}{2.6 + 0.5 \cdot (8 - 2.8)} = 0.695$$

Допустиме осьове зусилля $[F]_1$, МН

$$[F]_1 = 1.57 \cdot [\sigma] \cdot (S_1 - C)^2 \cdot \frac{\cos(\beta)}{\cos(\alpha_2 + \beta)} \cdot \sqrt{1 + 5 \frac{d_e^2}{r_m \cdot (S_1 - C)}} =$$

$$= 1.57 \cdot 174 \cdot (0.008 - 0.0028)^2 \cdot \frac{\cos(0)}{\cos(20.5 + 0)} \cdot \sqrt{1 + 5 \frac{0.1^2}{1.8 \cdot (0.008 - 0.0028)}} =$$

$$= 0.03$$

Умова несучої здатності опуклого днища

$$\begin{cases} \frac{F_1 - p \cdot \frac{\pi \cdot d_e^2}{4}}{[F]_1} + \frac{p}{[p]} < 1 \\ \frac{F_1}{[F]_1} \leq 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{0.042 - 0.1 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.16^2}{4}}{0.03} + \frac{0.1}{0.695} = 1.5 \nless 1 \\ \frac{0.042}{0.03} \nless 1 \end{cases}$$

Умова несучої здатності днища не виконується, необхідно застосувати підкладний лист.

Діаметр підкладного листа d_3 , м:

$$0 < d_3 < 1.6 \cdot d_2$$

$$0 < d_3 < 1.6 \cdot 0.16 = 0.256$$

$$d_3 = 0.24$$

Ефективний діаметр опорної стійки з підкладним листом d_e , м:

$$d_e = d_3 = 0.24$$

Допустиме осьове зусилля при наявності підкладного листа $[F]_1$, МН:

$$[F]_1 = 1.57 \cdot [\sigma] \cdot (S_1 - C)^2 \cdot \frac{\cos(\beta)}{\cos(\alpha_2 + \beta)} \cdot \sqrt{1 + 5 \frac{d_e^2}{r_m \cdot (S_1 - C)}} =$$

$$= 1.57 \cdot 174 \cdot (0.008 - 0.0028)^2 \cdot \frac{\cos(0)}{\cos(20.5 + 0)} \cdot \sqrt{1 + 5 \frac{0.24^2}{1.8 \cdot (0.008 - 0.0028)}} =$$

$$= 0.045$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова несучої здатності опуклого днища

$$\begin{cases} \frac{F_1 - p \cdot \frac{\pi \cdot d_e^2}{4}}{[F]_1} + \frac{p}{[p]} < 1 \\ \frac{F_1}{[F]_1} \leq 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{0.042 - 0.1 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.24^2}{4}}{0.045} + \frac{0.1}{0.754} = 0.989 < 1 \\ \frac{0.042}{0.045} = 0.963 \leq 1 \end{cases}$$

Умова несучої здатності днища виконується.

Висновок:

Таким чином, було визначено, що для виконання умов міцності циліндрична обичайка та еліптичне днище зі сталі 12Х18Н10Т мають бути 4 мм та 8 мм товщиною відповідно. З конструктивних міркувань приймаємо товщини обох елементів рівними, тобто 8 мм.

Адсорбер має 4 опорні стійки з підкладним листом. Діаметр стійки має бути рівним 0.1 м. Для забезпечення умови несучої здатності підкладний лист має бути діаметром 0.24 м.

5.2.4 Розрахунок штуцерів

Метою розрахунку є визначення необхідних діаметрів штуцерів, що забезпечать оптимальну швидкість руху середовищ.

Розрахункова схема штуцера наведена на рисунку 5.6.

Розрахунок виконано відповідно до алгоритму наведеному у [22].

Вихідні дані:

Продуктивність пароповітряної суміші $V, \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \dots \dots \dots 1.2;$

Продуктивність пари, що йде на регенерацію $V_{\text{рег}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \dots \dots \dots 1.2;$

Продуктивність повітря для сушки $V_{\text{суш}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \dots \dots \dots 2.4;$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продуктивність повітря для охолодження $V_{\text{суш}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \dots\dots\dots 3.7;$
Маса вологи, що залишається у вугіллі $G_{\text{вол.вуг}}, \text{кг} \dots\dots\dots 146.5;$
Маса конденсату, що утворюється $G_{\text{конд}}, \text{кг} \dots\dots\dots 102.6$
Тривалість процесу регенерації $\tau_{\text{рег}}, \text{хв} \dots\dots\dots 19;$
Тривалість процесу сушка $\tau_{\text{суш}}, \text{хв} \dots\dots\dots 40;$
Оптимальна швидкість для газів при невеликому тиску $\omega_1, \text{м/с} \dots\dots\dots 15;$
Оптимальна швидкість для пари при тиску 0.1 МПа $\omega_2, \text{м/с} \dots\dots\dots 30;$

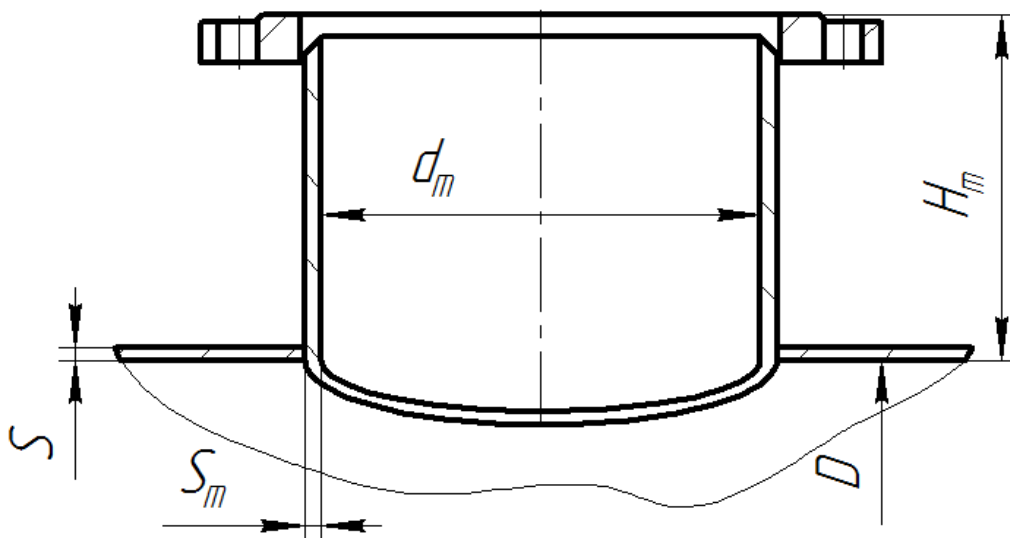


Рисунок 5.6 – Розрахункова схема штуцера

Оптимальна швидкість для рідини, що рухається самотливом $\omega_3, \text{м/с} \quad 0.5.$

Об'ємна витрата середовища, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$V = \frac{D}{\tau \cdot \rho}, \quad (5.1)$$

де D – масова середовища, котра бере участь у певному процесі, кг;
 τ – тривалість відповідної стадії, с; ρ – густина відповідного середовища, кг/м^3 .

Оптимальний діаметр штуцерів для подачі та відведення середовища, м:

$$D' = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}}, \quad (5.2)$$

де w – оптимальна швидкість, визначається залежно від призначення штуцера та характеру середовища [с. 10, 20].

Відповідно до отриманих значень обираються штуцери з найближчим реальним діаметром d' зі стандартного ряду та перевіряється реальна швидкість

середовища у штуцері за формулою 5.3. Якщо реальна швидкість не лежить у рекомендованих межах, то обирають інший діаметр, при якому швидкість буде оптимальною.

Реальна швидкість середовища у штуцері, м/с:

$$w_{ад} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2} \quad (5.3)$$

Алгоритм та програма розрахунку діаметрів штуцерів наведені у додатку Б. Результати розрахунків наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Таблиця оптимальних штуцерів

Призначення	Номінальний діаметр, мм	Дійсний діаметр, мм
$d_{ад}$	350	353
$d_{рег}$	250	253
$d_{рег.вих}$	150	147
$d_{конд}$	25	25
$d_{суш}$	500	506
$d_{суш.вих}$	500	506
$d_{ох}$	500	506

Висновок:

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

5.2.5 Розрахунок теплової ізоляції

Метою розрахунку є визначення товщини теплоізоляції адсорбера.

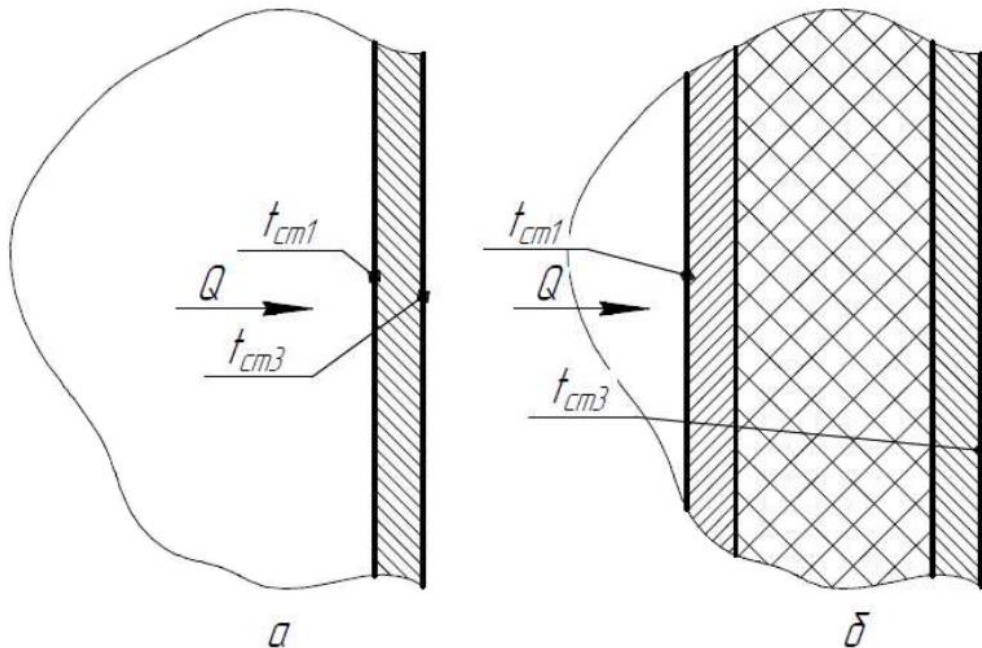
Розрахункова схема зображена на рисунку 5.7.

Розрахунок виконаний відповідно до алгоритму наведеному у [29].

Вихідні дані:

температура поверхні стінки $t_w, ^\circ\text{C}$ 100
 територія встановлення апарата Україна
 час роботи апарата протягом року, год 2800
 тип ізоляції мати MC-35

Термічний опір R_m відсутній.



а– стандартна схема; б – схема розробленої конструкції

Рисунок 5.7 – Схема теплоізоляції

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляційної конструкції до оточуючого середовища $\alpha_c = 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ (таблиця Ж 1, [26])

Розрахункова температура оточуючого середовища $t_c = 7.2 ^\circ\text{C}$.

Середня температура теплоізоляційного шару
влітку

$$t_m = \frac{(t_w + 40)}{2} = \frac{(100 + 40)}{2} = 70 ^\circ\text{C}$$

взимку

$$t'_m = \frac{t_w}{2} = \frac{100}{2} = 50 ^\circ\text{C}$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції апарата влітку

$$\lambda_k = 0.04 + 0.0003 \cdot t_m = 0.04 + 0.0003 \cdot 70 = 0.061 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

взимку

$$\lambda'_k = 0.04 + 0.0003 \cdot t'_m = 0.04 + 0.0003 \cdot 50 = 0.055 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Оскільки $\lambda_k > \lambda'_k$, то подальші розрахунки виконуються лише для літніх умов $\lambda_k = 0.061 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

Опір теплопередачі теплоізоляційної конструкції:

$$R_{tiz} = \frac{t_w - t_e}{q \cdot K_1} = \frac{100 - 7.2}{71 \cdot 1} = 1.307 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

q – поверхнева щільність теплового потоку (таблиця Б2, [26]);
 K_1 – коефіцієнт, що залежить від району встановлення апарата, для України $K_1 = 1$.

Термічний опір теплоізоляційної конструкції:

$$R_k = R_{tiz} - \frac{1}{\alpha_e} - R_m = 1.307 - \frac{1}{12} - 0 = 1.224 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_k = \lambda_k \cdot R_k = 0.061 \cdot 1.224 = 0.075 \text{ м}$$

З урахування ущільнення:

$$\delta_1 = \delta_k \cdot K_c \frac{d + \delta_k}{d + 2 \cdot \delta_k} = 0.075 \cdot 1.15 \frac{2.616 + 0.075}{2.616 + 2 \cdot 0.075} = 0.084 \text{ м.}$$

Відповідно до даних таблиці 2.3 [26] виконава товщина теплової ізоляції $\delta = 100 \text{ мм}$.

Висновок:

Для мінімізації втрат теплоти та забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу адсорбер необхідно покрити теплоізоляцією з матів зі скляного шпательного волокна марки МС-35 товщиною 100 мм.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації

Устаткування адсорбційної установки 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, техніки безпеки, охорони праці й протипожежної безпеки.

Монтаж технологічного устаткування адсорбційної установки завершується пробним пуском, налагодженням і регулюванням кожного механізму. До цього часу повинні бути перевірені, водяного охолодження, парозабезпечення, вентиляційних систем, систем електроустаткування, захисту, а також пристрою, передбачені заходами щодо техніки безпеки й протипожежній охорони. Крім того, повинні бути проведені випробування на герметичність апарата і газопроводів.

Перед пуском адсорбційної установки проводять індивідуальне випробування устаткування, потім комплексне випробування апарата під навантаженням на так називаному «холодному» режимі. Комплексне випробування устаткування здійснюється обслуговуючим персоналом за участю представників монтажної, технологічної й проектної організацій. Проведенню пуско-налагоджувальних робіт повинні передувати розробка виробничих інструкцій з робочих місць й інструктаж обслуговуючого персоналу. Після усунення недоліків, виявлених при випробуванні адсорбційної установки під навантаженням на «холодному» режимі, приступають до підготовки пуску установки на робочому режимі [30].

Комплексне випробування адсорбційної установки на робочому режимі є завершальним етапом пуско-налагоджувальних робіт, після якого установка приймається в промислову експлуатацію з оформленням відповідної документації. Потім уточняються інструкція для експлуатації установки й режимна карта, які затверджуються адміністрацією підприємства й повинні строго виконуватися обслуговуючим персоналом.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Про пуск адсорбційної установки обслуговуючий персонал повинен бути сповіщений заздалегідь, щоб можна було ретельно перевірити справність усього устаткування (у тому числі контрольно-вимірювальних приладів, блокування, сигналізації, огороження частин, що рухаються, протипожежного інвентарю, освітлення й т.д.) і вчасно довести до відома відповідні служби заводу, що постачають адсорбційну установку електроенергією, парою й водою.

При пуску установки з адсорберами періодичної дії (рекупераційної установки) необхідно дотримуватися наступної послідовності.

1) Перевірити наявність пари й води у відповідних системах.
2) Включити силовий електрострум з підстанції на пусковий щит установки й перевірити роботу електровимірювальних приладів.

3) Перевірити в ручну обертання вала електродвигуна й насоса (по ходу обертання їх у робочому стані), пустити їх у роботу натисканням кнопки «пуск» на пусковому електрощиті.

4) Плавню відкрити шибири на усмоктувальних і нагнітальному газоходах насосів.

5) Відкрити клапани на вході паро-повітряної суміші в адсорбер і виході з адсорбера, повернувши рукоятки на щиті керування клапанами в положення «відкриті».

6) Переконавшись у справній і надійній роботі всіх апаратів, підключити до витяжної системи адсорбційної установки капсульні пристрої цехів виробництва, що обслуговують рекупераційну установку. Про це варто вчасно сповістити майстра або бригадира виробничої ділянки, після чого дані виробничі ділянки можуть приступитися до роботи [31].

Коли всі виробничі ділянки підключені до адсорбційної установки, насоси повинні забезпечити нормальну продуктивність, про що судять за показниками витратомірів пароповітряної суміші або приладів, що показують створюваний насосом напір.

Під час роботи необхідно стежити за ходом адсорбційно-десорбційного процесу, підтримувати робочий режим у заданих параметрах і вчасно перемикаєти клапани на адсорберах відповідно фазам технологічного циклу. Більшість

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установок, що перебувають у цей час в експлуатації, обладнано дистанційними напівавтоматичними й автоматичними системами керування. При пуску рекупераційної установки подачу паро-повітряної суміші в адсорбери, пари в калорифери, що охолоджує воду в конденсаторах й холодильниках, роблять вручну, а в даній роботі всі зазначені витрати регулюються автоматично залежно від заданих параметрів технологічного процесу. Черговість перемикання клапанів на адсорберах забезпечується відповідним блокуванням і сигналізується на щит керування. У випадку відмови автоматичної системи керування передбачається кнопкове напівавтоматичне керування.

При установці рекупераційної установки на профілактичний ремонт або по яких-небудь інших причинах потік паро-повітряної суміші направляється в трубу промислової вентиляції. Про час зупинки обслуговуючий персонал повинен бути сповіщений не менш чим за 1-2 ч. (крім аварійного випадку) для того, щоб можна було вчасно підготувати до неї устаткування.

При плановій зупинці варто натиснути кнопку «стоп» і відключити насоси, закрити шибер на газоходах, клапани адсорберів, а за тим провести в апаратах процеси десорбції, сушіння й охолодження активного вугілля.

У випадку ж аварійної зупинки рекупераційної установки натисканням аварійної кнопки відключається насос, закриваються шибер на газоходах і клапани адсорберів, відключається пара на колекторі. Надалі необхідно простежити, щоб активне вугілля в адсорберах не залишалося вологим або насиченим парами розчинника на тривалий час, тому що може відбутися самозаймання вугілля (температура самозапалювання 300...400 °С).

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – це установлення і використання стандартів з метою упорядкування діяльності у визначеній області, економного використання ресурсів, дотримання вимог техніки безпеки, підвищення якості продукції і послуг. Об'єкти стандартизації – певна продукція, норми, вимоги тощо, 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 [32].

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 продукції і засобів виробництва або їх елементів до однієї форми, розміру, структури, складу. У техніці і будівництві уніфікація – це раціональне зменшення типових розмірів машинобудівельних і будівельних об'єктів однакового функціонального призначення. Уніфікація – важливий напрямок у розвитку сучасної техніки, комплексний процес, що охоплює питання проектування, технології, контролю і експлуатації машин, механізмів, апаратів, пристроїв [32].

Основна ціль уніфікації – ліквідація неоправданого різноманіття виробів однакового призначення, приведення до можливого подібного способу їх виготовлення, складання, випробування. Вона зменшує номенклатуру запасних частин, полегшує і здешевлює ремонт машин та обладнання, підвищує техніко-економічні показники. Широке використання принципів уніфікації машин, обладнання, пристроїв дозволяє значно зменшити об'єм конструкторських робіт і період проектування, строки створення нового обладнання, вартість освоєння нових виробів, підвищити рівень механізації і автоматизації виробничих процесів шляхом збільшення серійності, зниження трудомісткості і організації

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціалізованих підприємств. Уніфікація є найбільш розповсюдженим і ефективним методом підготовки і здійснення стандартизації.

Так, при конструюванні будь-якого устаткування доцільно максимально часто використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі і вузли.

Рівень стандартизації та уніфікації може бути визначений коефіцієнтами стандартизації та уніфікації [32]. Ці коефіцієнти можна представити як відношення кількості стандартних та уніфікованих деталей до загального числа деталей і одиниць. Кількість деталей і вузлів підраховалася згідно зі специфікаціями. Загальна кількість деталей $N = 28$, з них стандартних $N_{\text{ст}} = 17$, уніфікованих $N_y = 6$, унікальних $N_i = 5$.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{\text{ст}} = \frac{N_{\text{ст}}}{N} = \frac{17}{28} = 0.6$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{N_{\text{ст}} + N_y}{N} = \frac{17 + 6}{28} = 0.82$$

Висновки:

У результаті розрахунку встановлено, що коефіцієнти стандартизації та уніфікації становлять $K_{\text{ст}} = 0.6$ та $K_y = 0.82$ відповідно.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	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.

Економічна частина даного дипломного проекту має на меті зробити техніко-економічні обґрунтування доцільності модернізації адсорбера, в якому проходить процес адсорбції та десорбції парів ацетону з подальшим сушінням та охолодженням адсорбенту. Апарати такого типу набули широкого розповсюдження у хімічній, нафтохімічній, лакофарбовій, сільськогосподарській, гальванічній та інших галузях промисловості. Головною метою адсорбера є поглинання небажаних домішок з можливістю їх подальшого видалення з ціллю їх використання, або без неї. Таким чином модернізація конструкції адсорбента з метою підвищення його експлуатаційних характеристик є досить актуальною проблемою, яка вимагає вирішення і яке може сприяти підвищенню ефективності виробництва в цілому [33].

При виконанні робіт з модернізації конструкції адсорбера удосконаленню конструкції апарата необхідно було обрати базисний зразок апарата для порівняння їх техніко-економічних показників. Такий апарат має корпус, у якому розміщується корзина, виконану з двох перфорованих обичайок, кришку з люками для завантаження адсорбенту та днище з опорними стійками та люка для вивантаження адсорбенту. Газ, що рухається у радіальному напрямку, проходить через шар адсорбенту та, таким чином, очищується від домішок. Після втрати адсорбентом

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

своїх властивостей відбувається перезавантаження: відпрацьований адсорбент вивантажується через люки знизу, і завантажується через люки зверху.

8.1 Техніко – економічні обґрунтування доцільності зміни конструкції

Даний апарат має досить гарні технічні характеристики та відрізняється простотою конструкції, однак також характеризується низькою зручністю в експлуатації.

З метою підвищення зручності експлуатації пропонується виконати перфорований стакан, який заповнюється адсорбентом, знімним з можливістю його вилучення з вертикального корпусу та його встановлення у вертикальному корпусі крізь верхню основу вертикального корпусу за умови знятої знімної кришки. Це істотно підвищить зручність експлуатації адсорбера.

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

Таблиця 8.1 – Порівняльна характеристика базового та модернізованого адсорберів

Показник	Одиниця виміру	Апарат	
		Базовий	Спроекований
Продуктивність	м3/с	1,2	1,2
Термін служби	років	10	10
Поверхня масообміну	м2	7030	7811
Вибухонебезпечність		ні	ні
Норма обслуговування	чол.	2	2
Тривалість обслуговування	год.	1.5	1

Модернізацію базового апарата розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапі конструкторської підготовки, згідно з методою [33].

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 [33, 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.;

α – коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

β – 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 [33, 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 на модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі [33]:

$$M_i = \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} \cdot K_i = 340\,000 \cdot 0.05 = 17\,000$$

де $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}}$ – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації, $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 340\,000$ грн.

K_i – коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації, $K_i = 0.05$ для адсорбера [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;

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– 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 Seіможе бути розрахована по формулі:

$$S_{ei} = q_{bi} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{bн} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 340\,000 \cdot 0.15 - 340\,000 \cdot 0.12 = 10\,200,$$

де q_{bi} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації, $q_{bi} = 0.15$;

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

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}$ – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування, $\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 340\,000$.

Коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування α розраховується по формулі:

$$\alpha = \frac{P_i}{P_{\text{нов}}} = \frac{7811}{7030} = 1.11,$$

де P_i – площа поверхні адсорбції модернізованого апарата, 7 811 м²;

$P_{\text{нов}}$ -- площа поверхні адсорбції аналогічного нового апарата, 7 030 м².

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування β розраховується по формулі:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{2}{3} = 0.66,$$

$T_{\text{мод}}$ – час, який витрачається на зміну адсорбента у модифікованому апараті протягом робочого дня, $T_{\text{мод}} = 2$ год;

$T_{\text{нов}}$ – час, який витрачається на зміну адсорбента у аналогічному апараті протягом робочого дня, $T_{\text{нов}} = 3$ год;

Підставляючи всі знайдені величини, необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат n_{pi} , розрахункова величина якого дає нам змогу

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зробити висновки щодо доцільності проведення модернізації обраного в дипломному проекті устаткування.

$$n_{pi} = 1 - \frac{17\,000 + 10\,200}{300\,000 \cdot 1.11 \cdot 0.66 + 15\,000} = 0.884.$$

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 кільцевого адсорбера.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» на тему «Розробка адсорбера відділення рекуперації ацетону. Комплексний проект» розроблено кільцевий адсорбер для вилучення парів ацетону з пароповітряної суміші з можливістю подальшого вилучення ацетону завдяки десорбції водяною парою.

У результаті виконання дипломного проекту було зроблено опис технологічного процесу, вибрано тип адсорбера, обґрунтовано вибір конструкції апарата, порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами, проведено патентне дослідження, розроблено рекомендації з охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, діаметра штуцерів, циліндричної обичайки, еліптичного днища, теплової ізоляції та гідравлічний, розроблено рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації, здійснено техніко-економічне обґрунтування модернізації. Частину розрахунків виконано у мові програмування Mathcad. Графічна частина проекту виконана у середовищі КОМПАС 3DV-19 і включає в себе принципову схему установки – А1, складальні креслення: адсорбер кільцевий – А1, днище – А1, кришка – А1. До складальних креслень виконано специфікації.

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.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вывод

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Разработка адсорбера участка рекуперации ацетона. Комплексный проект» разработано кольцевой адсорбер для извлечения паров ацетона из газо-воздушной смеси с возможностью их дальнейшей десорбции водяным паром.

В результате выполнения дипломного проекта было сделано описание технологического процесса, выбрано тип адсорбера, обосновано выбор конструкции аппарата, осуществлено сравнение показателей разработанной конструкции и аналогов, осуществлено патентный поиск, разработано рекомендации по охране труда, сделаны расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции: параметрический, диаметра штуцеров, цилиндрической обечайки, эллиптического днища, тепловой изоляции и гидравлический, разработаны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определен уровень стандартизации и унификации, осуществлено технико-экономическое обоснование модернизации. Часть расчетов сделана на языке программирования Mathcad.

Графическая часть выполнена в среде КОМПАС – 3DV19 и состоит из принципиальной схемы установки – А1, сборочных чертежей: адсорбер кольцевой– А1, крышка – А1, опора– А1. К сборочным чертежам составлены спецификации

В результате усовершенствований участка рекуперации паров ацетона было получено 4 патента Украины №№ 146020, 146021, 146174 и 146614, а результаты произведённой работы прилагались в сборнике тезисов докладов XXVII и XXVIII всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, которые проходили 25-26 ноября 2020 г. и 28-29 апреля 2021 г. соответственно.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In a diploma project educationally qualifying level "bachelor" on a theme "Development of an adsorber of the acetone recovery unit. Integrated project " an annular adsorber for extracting acetone vapours from a gas-air mixture with the possibility of further desorption with water vapour is developed.

As a result of the graduation project was made a description of the process, select the type of adsorber, 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, thermal insulation 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 - 3DV19 and consists of a set of concept - A1, assembly drawings: annular adsorber - A1, cover – A1, support – A1. For assembly drawings made specification.

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.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Борисов А. Л. Проектирование предприятий искусственных волокон. / под ред. А. Л. Борисова. М.: Химия, 1975. 344с.
2. Воробъёв Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств: пос. М.: Химия, 1975. 816с.
3. ГОСТ 19903-2015. Прокат листовой горячекатаный. [Чинний від 2016-09-01]. Вид. офіц. Москва, 2015. 15 с.
4. ГОСТ 7350-77. Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. [Чинний від 1979-01-01]. Вид. офіц. Москва, 1977. 11 с.
5. <http://niigaz.ru/filtry-adsorbery-ats.html> (від 01.06.2021).
6. <https://очистка-газов.рф/a245439-promyshlennyj-adsorbtsionnyj-filtr.html> (від 01.06.2021).
7. <https://gas-cleaning.ru/product/coal-adsorber> (від 01.06.2021).
8. <https://sates.com.ua/ru/absorbertyi-himicheskie.html> (від 01.06.2021).
9. Multilayer bed radial flow adsorber capable of realizing large telescopic deformation: пат. CN111921333A Китай. № 202010690992.0; заявл. 17.07.2020; опубл. 17.07.2020.
10. 种VPSA制氧装置的吸附器系统: пат. CN212663128U Китай. № 202021194909.2; заявл. 24.06.2020; опубл. 09.03.2021.
11. Regenerative separating device for separating impurities from an airflow: пат. WO2020126551A1 Німеччина. № 083989; заявл. 06.12.2019; опубл. 25.06.2020.
12. Physical adsorption device capable of treating various pollutants: пат. CN211487071U Китай. № 201921848307.1; заявл. 30.10.2019; опубл. 15.09.2020.
13. Laminated gas adsorber and waste gas purification device using same: пат. CN111359366A Китай. № 201910889522.4; заявл. 10.09.2019; опубл. 03.07.2020.
14. Основы охраны праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

15. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид офіційне. Київ: Мінрегіон України, 2018. 137 с.

16. ПУЕ 2017. Правила улаштування електроустановок. [Чинний від 2017-07-21]. Вид офіційне. Київ: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

17. ДСТУ EN 14985:2018 Крани вантажопідіймальні. Крани з поворотною стрілою (EN 14985:2012, IDT). [Чинний від 2020-01-01]. Вид офіційне. Київ Мінрегіонбуд України, 2018. 74 с.

18. 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.

19. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-01-01]. Вид офіційне. Київ: МОЗ України, 1999. 10 с.

20. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони: наказ міністерства охорони здоров'я україни від 14.07.2020 р №1596. Офіційний вісник України. 2020.

21. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: учебник для техникумов. Л.: Химия, 1991. 352 с.

22. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пос. / под ред. Ю. И. Дытнерского. М.: Химия, 1983. 272 с.

23. Е. Н. Серпионова, Промышленная адсорбция газов и паров, издание 2, переработанное и дополненное, М., «Высшая школа», 1969. 416 с.

24. Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие. М.: ГОСХИМИЗДАТ, 1962. 845 с

25. Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему “Розрахунок адсорбційної установки періодичної дії. Спроектувати адсорбер з нерухомим шаром адсорбенту” з курсу “Основні процеси та апарати хімічної

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технології” для студентів IV–V курсів усіх спеціальностей і форм навчання / Укл.: П.В. Рябік, Т.В. Гриднєва, А.О. Біла. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2013. – 32 с.

26. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие. Л.: Химия, 1987. 576 с.

27. 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. Андреєв. – Київ: НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2017. – 105 с.

28. ГОСТ 34233.5–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок [Действует с 2018-09-01]. Изд. офиц. М.: Стандартиформ, 2019. 37 с.

29. Мікульонок І. О. Проектування теплової ізоляції обладнання хімічних виробництв : навч. посібник / І.О. Мікульонок. - К.: Наук. думка, 1999. - 152 с.

30. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних виробництв.: Навчальний посібник / І.В.Коваленко. – К.: ,2011. -580 с.: іл. – Бібліогр.: с.579

31. Технологія виготовлення, монтаж та спеціальні методи проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв-2. Вимоги до курсового проекту: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», освітньою програмою магістерської підготовки «Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв», спеціалізація «Інжиніринг комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафто-переробних» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.Р. Степанюк, Я.В. Гробовенко – Електронні текстові данні (1 файл: 11,7 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 110 с. (Повний текст, pdf, 5.7 Mb)

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. РД 50–33–80. Методические указания. Определение уровня унификации и стандартизации изделий. [Действует с 1981-01-01]. Изд. офиц. М.: Издательство стандартов, 1982. 15 с.

33. 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.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Документація патентного дослідження

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71.РП

Найменування теми Адсорбер

Шифр теми B01D53/04

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень
ЛН71.066114.000

Предмет пошуку: - адсорбер (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо адсорберів (визначення патентноздатності проектованого 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: B01D53/04, B01D53/047; C01B13/02, B01D53/04; B01D53/06.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 544.723.2

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 20.05.2021 Закінчення пошуку 20.05.2021

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довідка про пошук № ЛН71.РП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН71.066114.000, 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
Адсорбер	Визначення патентноздатності проєктованого апарата й тенденцій розвитку цього напрямку в техніці	Усі країни	B01D53/04; B01D53/047; C01B13/02; B01D53/04; B01D53/06.	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
Адсорбер	Україна, Росія, світ	B01D53/04; B01D53/047; C01B13/02; B01D53/04; B01D53/06.	Інформаційна БД винаходів та корисних моделей України, Росії та світу	WO2020126551A1 CN111359366A CN211487071U CN111921333A CN212663128U	—

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

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

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

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
Адсорбер	Patent CN111921333A, Pub. date 13.11.2020	Діє
Адсорбер	Patent CN212663128U, Pub. date 09.03.2021	Діє
Адсорбер	Patent CN212663128U, Pub. date 25.06.2020	Діє
Адсорбент	Patent CN211487071U, Pub. date 15.09.2020	Діє
Адсорбер	Patent CN111359366A, Pub. date 03.07.2020	Діє

Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проектного 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, дата публікації
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
Адсорбер	Корпус, з'ємна кришка, Корзина з можливістю вилучення	Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Т. 2. Москва: Химия, 10 1981. С. 624, рис. XIII-4, в	Корпус, опорно-розподільча решітка, шар адсорбента	Підвищення зручності експлуатації адсорбера	Можливе використання в хімічній нафтохімічній та інших галузях промисловості.	146021, 14.01.2021

Додаток Б
Комп'ютерний розрахунок штуцерів

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

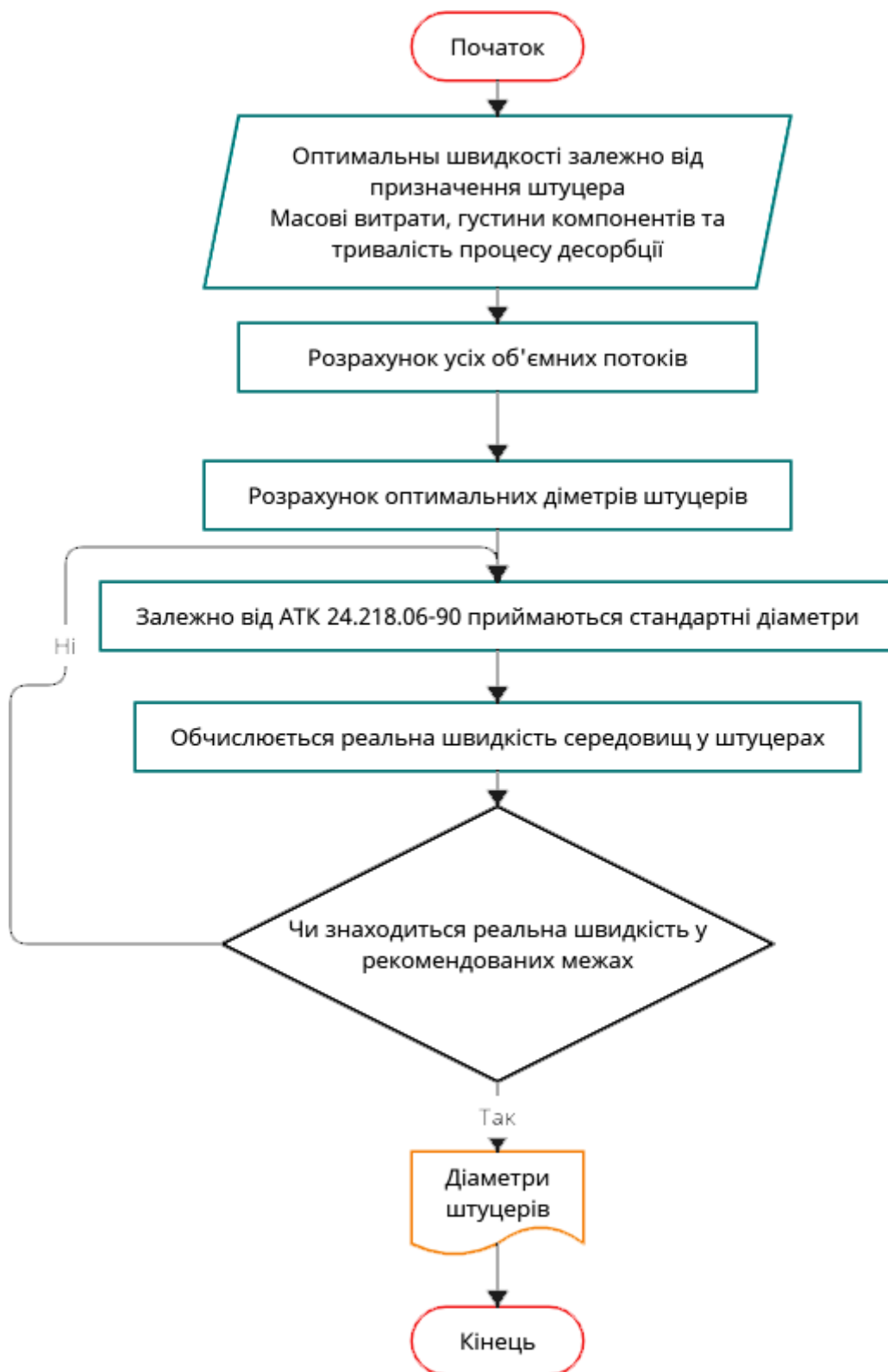


Рисунок Б.1 – Блок – схема розрахунку діаметрів штуцерів

Таблиця Б.2 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Діаметр	d	м
Об'ємні витрати	V	м ³ /с
Швидкість	омега	м/с
Маса	D, G	кг
Час	тау	с

Програма розрахунку штуцерів

конденсується

$$D_1 + D_3 = 396.892$$

Залишається у вугіллі

$$D'_3 = 294.315$$

Вологи у вугіллі

$$D'_3 + G_{nas} \cdot 0.05 = 440.765$$

$$G_{nas} \cdot 0.05 = 146.45$$

Йде на видудвання

ацетону

$$\tau_{per} := 19 \cdot 60 = 1.14 \times 10^3$$

$$D_2 = 407.121$$

заходить у адсорбер

$$G_{пар.заг} = 804.012 \text{ кг}$$

$$\rho_{\Pi} = 0.597$$

$$V_{пар.заг} := 1.2$$

$$\rho_{конденсату} := 958.4$$

Конденсат

$$G_{конденсату} := D_1 + D_3 - D'_3 = 102.577 \text{ кг} \quad V_{конденсату} := \frac{G_{конденсату}}{\tau_{per} \cdot \rho_{конденсату}} = 9.389 \times 10^{-5}$$

Виходить пари

$$D_2 = 407.121 \text{ кг}$$

$$V_{виходить} := \frac{D_2}{\tau_{per} \cdot \rho_{\Pi}} = 0.598 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

тривалість 19 хв

Сушка

$$V_{сушка} := 2.4 \quad D_1 + D_3 - D'_3$$

Волога у вугіллі

$$D'_3 = 294.315$$

$$V_{сушка.вих} := \frac{D'_3}{\rho_{\Pi} \cdot 40 \cdot 60} + V_{сушка} = 2.605$$

Охолодження

$$V_{ох} := 3.7 = 3.7$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

89

Адсорбція $w_1 := 15$ $w_2 := 30$ $w_3 := 0.5$ $w_4 := 15$

$$d_{ад} := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w_1}} \text{ explicit, ALL} \rightarrow \sqrt{\frac{4 \cdot 1.2}{\pi \cdot 15}} = 0.319 \quad d_{ад} := (377 - 12 \cdot 2) \cdot 0.001 = 0.353$$

Регенерація вхід

$$d_{рег} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{пари.заг}}}{\pi \cdot w_2}} = 0.226 \quad d_{рег} := (273 - 10 \cdot 2) \cdot 0.001 = 0.253$$

Регенерація вихід

$$d_{рег.вих} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{виходить}}}{\pi \cdot w_2}} = 0.159 \quad d_{рег.вих} := (159 - 2 \cdot 6) \cdot 0.001 = 0.147$$

Конденсат

$$d_{контд} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{конденсату}}}{\pi \cdot w_3}} = 0.015 \quad d_{контд} := (32 - 3.5 \cdot 2) \cdot 0.001 = 0.025$$

Сушка
Вхід

$$d_{сушка} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{сушка}}}{\pi \cdot w_4}} = 0.451 \quad d_{сушка} := (530 - 12 \cdot 2) \cdot 0.001 = 0.506$$

Вихід

$$d_{сушка.в} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{сушка.вих}}}{\pi \cdot w_4}} = 0.47 \quad d_{сушка.в} := (530 - 2 \cdot 12) \cdot 0.001 = 0.506$$

Охолодження

$$d_{ох} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_{ох}}{\pi \cdot 20}} = 0.485 \quad d_{ох} := (530 - 12 \cdot 2) \cdot 0.001 = 0.506$$

$$\omega_{ад} := \frac{4V}{\pi \cdot d_{ад}^2} = 12.261$$

$$\omega_{рег} := \frac{4V_{пери.заг}}{\pi \cdot d_{рег}^2} = 23.87$$

$$V_{пери.заг} = 1.2$$

$$\omega_{рег.вих} := \frac{4V_{виходить}}{\pi \cdot d_{рег.вих}^2} = 35.247$$

$$V_{виходить} = 0.598$$

$$\omega_{конд} := \frac{4V_{конденсату}}{\pi \cdot d_{конд}^2} = 0.191$$

$$V_{конденсату} = 9.389 \times 10^{-5}$$

$$\omega_{сушка} := \frac{4V_{сушка}}{\pi \cdot d_{сушка}^2} = 11.935$$

$$V_{сушка} = 2.4$$

$$\omega_{сушка.в} := \frac{4V_{сушка.вих}}{\pi \cdot d_{сушка.в}^2} = 12.956$$

$$V_{сушка.вих} = 2.605$$

$$\omega_{ох} := \frac{4V_{ох}}{\pi \cdot d_{ох}^2} = 18.4$$

$$V_{ох} = 3.7$$

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В
Патенти, які використовувались в патентному дослідженні

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(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 111921333 A

(43) 申请公布日 2020.11.13

(21) 申请号 202010690992.0

(22) 申请日 2020.07.17

(71) 申请人 杭州制氧机集团股份有限公司

地址 311300 浙江省杭州市临安市青山湖
街道相府路799号

(72) 发明人 韩一松 林秀娜 高毅 吴赞
夏红丽 彭旭东 韩云松

(74) 专利代理机构 杭州九洲专利事务所有限公
司 33101

代理人 陈琦 陈继亮

(51) Int. Cl.

B01D 53/04 (2006.01)

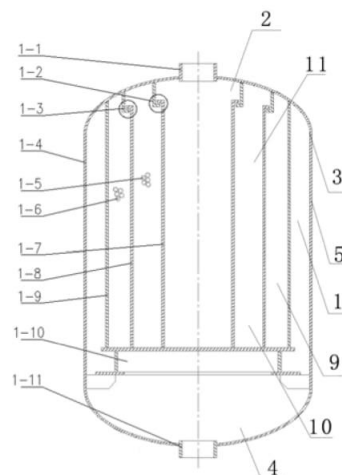
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种可实现大伸缩变形的多层床径向流吸
附器

(57) 摘要

一种可实现大伸缩变形的多层床径向流吸
附器,它主要包括吸附器本体,该本体由上封头、
筒体和下封头以及上、下接管连接的受压壳体组
成,所述壳体上封头和下封头上均设有上气体进
出口管和下气体进出口管,所述壳体内底部设有
支撑座,该支撑座上方设有吸附桶,所述吸附桶
是由若干个不同直径的同心圆桶组成,该不同直
径的同心圆桶形成了多个环形空间,在环形空间
内可装填不同类型的吸附剂,所述吸附桶是一种
孔板或者栅网构成,它具有结构简单,操作便捷
的特点,并且能够降低甚至消除内件间相互约束
协调产生的温差应力,保证产品的质量,提高使
用寿命。



CN 111921333 A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

93

1.一种可实现大伸缩变形的多层床径向流吸附器,它主要包括吸附器本体,该本体由上封头、筒体和下封头以及上、下接管连接的受压壳体组成,其特征在于所述壳体上封头和下封头上均设有上气体进出口管和下气体进出口管,所述壳体内底部设有支撑座,该支撑座上方设有吸附桶,所述吸附桶是由若干个不同直径的同心圆桶组成,该不同直径的同心圆桶形成了多个环形空间,在环形空间内可装填不同类型的吸附剂,所述吸附桶是一种孔板或者栅网构成。

2.根据权利要求1所述的可实现大伸缩变形的多层床径向流吸附器,其特征在于所述吸附桶由内桶、中桶、外桶组成,所述内桶、中桶、外桶的下端分别固定连接在支撑座上,支撑座与筒体上的支架固定或可拆式固定连接,所述内桶、中桶与上封头组件是滑动连接,外桶与上封头固定连接,所述内桶和中桶可沿筒体轴向独立自由伸缩,该支撑座底部固定不动,受热时可向上方变形,并可沿径向自由膨胀收缩。

3.根据权利要求1所述的可实现大伸缩变形的多层床径向流吸附器,其特征在于所述吸附桶由内桶、外桶组成,所述内桶、外桶的下端分别固定连接在支撑座上,支撑座与筒体上的支架固定或可拆式固定连接,所述内桶与上封头组件是滑动连接,外桶与上封头固定连接,所述内桶可沿筒体轴向独立自由伸缩,该支撑座底部固定不动,受热时可向上方变形,并可沿径向自由膨胀收缩。

4.根据权利要求1所述的可实现大伸缩变形的多层床径向流吸附器,其特征在于所述吸附桶由内桶、多个中桶、外桶组成,所述内桶、多个中桶、外桶的下端分别固定连接在支撑座上,支撑座与筒体上的支架固定或可拆式固定连接,所述内桶和多个中桶与上封头组件是滑动连接,外桶与上封头固定连接,所述内桶和多个中桶之间可沿筒体轴向独立自由伸缩,该支撑座底部固定不动,受热时可向上方变形,并可沿径向自由膨胀收缩。

(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 212663128 U

(45) 授权公告日 2021.03.09

(21) 申请号 202021194909.2

(22) 申请日 2020.06.24

(73) 专利权人 苏州苏净保护气氛有限公司

地址 215122 江苏省苏州市苏州市工业园区唯新路2号

(72) 发明人 郝春满 王学通

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103

代理人 周敏

(51) Int.Cl.

B01D 53/047 (2006.01)

C01B 13/02 (2006.01)

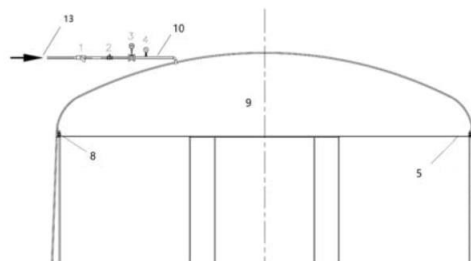
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种VPSA制氧装置的吸附器系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种VPSA制氧装置的吸附器系统,其包括顶部设有充压空间的径向吸附器、与所述径向吸附器连接并与所述充压空间连通的外接管道、与所述的外接管道相连通且气体压力大于所述的充压空间内的压力的供气装置、设置在所述外接管道上的调节装置,当所述的充压空间发生泄漏时,所述的调节装置控制所述的供气装置向所述的充压空间内充入气体。本实用新型的目的在于在提高VPSA制氧装置的稳定性,使得充压空间气体泄漏时可及时发现并得到自动补充,维持制氧装置正常运行。



CN 212663128 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

95

1. 一种VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的吸附器系统包括顶部设有充压空间的径向吸附器、与所述径向吸附器连接并与所述充压空间连通的外接管道、与所述的外接管道相连通且气体压力大于所述的充压空间内的压力的供气装置、设置在所述外接管道上的调节装置,当所述的充压空间发生泄漏时,所述的调节装置控制所述的供气装置向所述的充压空间内充入气体。

2. 根据权利要求1所述的VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的调节装置包括减压阀,所述的减压阀的出口压力与所述的充压空间内的压力相同。

3. 根据权利要求1所述的VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的吸附器系统还包括设置在所述外接管道上的开关装置。

4. 根据权利要求3所述的VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的开关装置包括球阀。

5. 根据权利要求1所述的VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的吸附器系统还包括设置在所述外接管道上的检测装置。

6. 根据权利要求5所述的VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的检测装置包括流量传感器以及与所述的流量传感器配套使用的PLC上位机,其中,所述的PLC上位机还设有数字显示器。

7. 根据权利要求1所述的VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的吸附器系统还包括设置在所述外接管道上的压力显示器。

8. 根据权利要求7所述的VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的压力显示器包括压力表或者压力变送器中的任一种。

9. 根据权利要求1所述的VPSA制氧装置的吸附器系统,其特征在于:所述的供气装置包括仪表气管道或者氧气压缩机一级排气管道中的任一种,所述供气装置内的气体压力为所述充压空间内压力的1.5~7倍。

10. 一种VPSA制氧装置,其特征在于:其包括权利要求1至9任一项所述的VPSA制氧装置的吸附器系统。

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
25 June 2020 (25.06.2020)



(10) International Publication Number
WO 2020/126551 A1

(51) International Patent Classification:
B01D 53/04 (2006.01) *B01D 53/06* (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/EP2019/083989

(22) International Filing Date:
06 December 2019 (06.12.2019)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
16/224,489 18 December 2018 (18.12.2018) US

(71) Applicant: **DÜRR SYSTEMS AG** [DE/DE]; Carl-Benz-
Str. 34, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(72) Inventors: **KUKREJA, Ankit**; Arum-702, Paramount Flo-
rville, Sector - 137, Noida, Uttar Pradesh 210305 (IN).
RIEDER, Erhard; Im Seele 68, 71083 Herrenberg (DE).
SCHRODER, Jason T.; 4734 E. Dunbar, Monroe, Michi-
gan 48161 (US). **MEYER, Sven**; Goethestrasse 80, 74343

Sachsenheim (DE). **MAST, Lars**; Johannesstrasse 40,
70806 Kornwestheim (DE).

(74) Agent: **PAGE WHITE & FARRER GERMANY LLP**;
Widenmayerstr. 10, 80538 München (DE).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: REGENERATIVE SEPARATING DEVICE FOR SEPARATING IMPURITIES FROM AN AIRFLOW

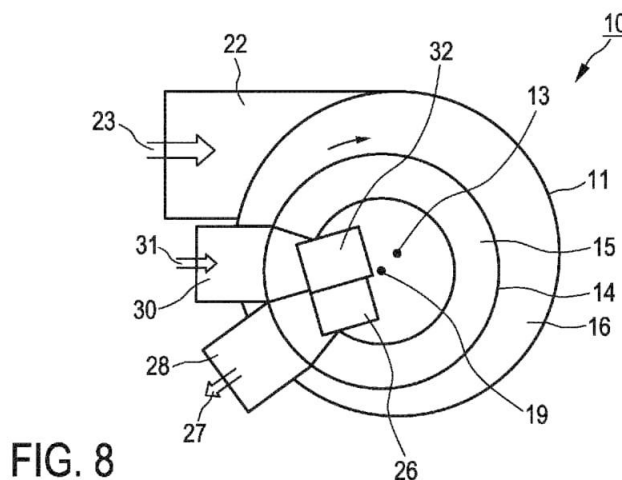


FIG. 8

(57) Abstract: An improved regenerative separating device (10) for separating impurities from an airflow (23), in particular a process exhaust airflow, provides a better distribution of the airflow in an annular gap (16) between a rotary separating unit (14) comprising a plurality of filter blocks (15) for adsorbing impurities from the airflow and a circumferential wall (12) of a housing (11) incorporating the rotary separating unit (14). The airflow inlet (22) provided in the circumferential wall (12) for introducing the airflow into the annular gap (16) and a regeneration system (26, 28) for regenerating the filter blocks (15) of the rotary separating unit (14) by a regenerating stream (27) passing through the filter blocks to desorb impurities adsorbed in the filter blocks (15) are both positioned in the same circumferential sector of maximum 180 degrees.

[Continued on next page]

WO 2020/126551 A1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.
97

WO 2020/126551 A1

TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report (Art. 21(3))

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

REGENERATIVE SEPARATING DEVICE FOR SEPARATING IMPURITIES FROM AN AIRFLOW

5 BACKGROUND

The present invention relates to a regenerative separating device for separating impurities from an airflow, in particular a process exhaust airflow, and especially to a carousel-type regenerative separating device. Such a separating device may be used e.g. for separating organic solvents from solvent-containing process exhaust air, for example for use in an industrial surface treatment plant.

Conventional carousel-type regenerative separating devices comprise a rotary separating unit comprising a plurality of filter blocks for adsorbing impurities from an airflow passing through the filter blocks in a radial direction of the separating unit, a cuboidal housing for incorporating the separating unit with an annular gap between a circumferential wall of the housing and the separating unit. The housing has an airflow inlet provided in its circumferential wall for introducing an airflow into the annular gap, and the separating device further comprises a regeneration system for regenerating the filter blocks of the rotary separating unit by a regenerating stream radially passing through the filter blocks to desorb impurities adsorbed therein.

As disclosed e.g. in US 5,788,744 A and US 2018/0345205 A1, the regeneration system typically is arranged opposite to the airflow inlet. The present inventors have found out that, in those conventional separating devices, the airflow entering the annular gap mainly loads the front section of the rotary separating unit facing the airflow inlet resulting in a limitation of filtering efficiency of the separating unit.

SUMMARY

It is an object of the present invention to provide an improved carousel-type regenerative separating device having a better filtering efficiency.

This object is achieved by the teaching of the independent claims. Particularly preferred configurations of the invention are subject-matter of the dependent claims.

According to the present invention, there is provided a regenerative separating device for separating impurities from an airflow, in particular a process exhaust airflow, comprising:

a rotary separating unit defining a radial direction and a circumferential direction and comprising a plurality of filter blocks for receiving impurities from an airflow passing through the filter blocks in the radial direction; a housing for incorporating the rotary separating unit with an annular gap between a circumferential wall of the housing and the rotary separating unit, wherein the housing has an airflow inlet provided in its circumferential wall for introducing an airflow into the annular gap; and a regeneration system for regenerating the filter blocks of the rotary separating unit by a regenerating stream passing through the filter blocks in the radial direction to remove impurities received in the filter blocks, wherein the airflow inlet and the regeneration system are both positioned in the same circumferential sector of maximum 180 degrees.

Positioning the airflow inlet and the regeneration system both in the same circumferential sector of maximum 180 degrees, i.e. on the same side of the rotary separating unit, instead opposite to each other, opens various possibilities to achieve a more uniform distribution of the airflow in the annular gap and a more uniform loading of the filter blocks of the rotary separating unit, resulting in a better filtering efficiency of the separating unit. An improved filtering efficiency helps in reducing impurity (e.g. organic solvent) emissions and to comply with state regulations.

In addition, the suggested structure also opens various possibilities to simplify the construction of the regenerative separating device. Such simplified constructions reduce the fabrication and maintenance complexity and cost.

The airflow inlet and the regeneration system are both positioned in the same circumferential sector of maximum 180 degrees, preferably of maximum 150 degrees, more preferably of maximum 120 degrees. In some embodiments, they are positioned in the same circumferential sector of maximum 90 degrees or maximum 45 degrees. In some embodiments, they are positioned within about ± 5 degrees to each other.

Preferably, the regeneration stream passes through the filter blocks of the separating unit in a radial direction opposite to the airflow radially passing through the filter blocks. In this case, the regeneration stream comprises a regeneration stream outlet on the side of the separating unit facing towards the circumferential wall of the housing. Hence, this regeneration stream outlet is positioned in the same circumferential sector of maximum 180 degrees as the airflow inlet in the circumferential wall of the housing.

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						100
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 211487071 U

(45)授权公告日 2020.09.15

(21)申请号 201921848307.1

(22)申请日 2019.10.30

(73)专利权人 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

地址 200092 上海市杨浦区中山北二路901号

(72)发明人 林莉峰 汪芸芸 刘斌 赵林辉
胡聪 曹晓哲 卢骏营 张冬凌
张奇 张帅领 应基光 朱运涛
陶钦

(74)专利代理机构 上海世圆知识产权代理有限公司 31320

代理人 陈颖洁

(51)Int.Cl.

B01D 53/04(2006.01)

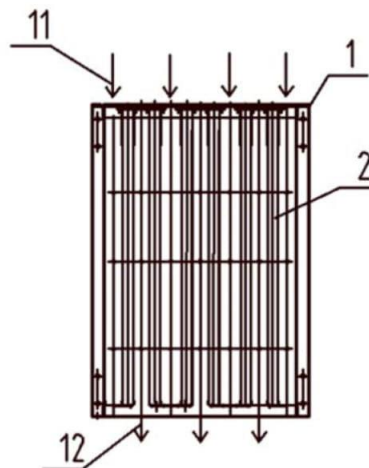
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)实用新型名称

一种能处置多种污染物的物理吸附装置

(57)摘要

本实用新型涉及一种能处置多种污染物的物理吸附装置,包括吸附装置外壳,吸附装置外壳上端设进气口,吸附装置外壳下端设出气口,其特征在于吸附装置外壳内设有吸附模块,所述吸附模块包括并排布置的酸性物质吸附剂层和活性炭吸附层,酸性物质吸附剂层和活性炭吸附层外套设网格外套。酸性物质吸附剂层和活性炭吸附层组成的复合吸附层可确保高效率的对污泥和垃圾焚烧产生烟气中的污染物进行吸附,对于酸性气体、有机污染物、重金属等污染物,吸附效率极高。



CN 211487071 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

101

1.一种能处置多种污染物的物理吸附装置,包括吸附装置外壳,吸附装置外壳上端设进气口,吸附装置外壳下端设出气口,其特征在于吸附装置外壳内设有吸附模块,所述吸附模块包括并排布置的酸性物质吸附剂层和活性炭吸附层,酸性物质吸附剂层和活性炭吸附层设网格隔板。

2.根据权利要求1所述的一种能处置多种污染物的物理吸附装置,其特征在于:所述吸附装置外壳内设有若干个垂直设置的吸附单元,在吸附单元的两侧分别设置垂直进风流道和垂直出风流道,外壳上端设置有与垂直进风流道配合的进气口,外壳下端设置有与垂直出风流道配合的出气口,使得进气口进入的烟气经过酸性物质吸附剂层和活性炭吸附层后从出气口流出。

3.根据权利要求1或2所述的一种能处置多种污染物的物理吸附装置,其特征在于,所述活性炭吸附层外部为网格外套,网格外套内装填有活性炭,所述活性炭为柱状活性炭,且柱状活性炭的轴向与气体流动方向平行。

4.根据权利要求1或2所述的一种能处置多种污染物的物理吸附装置,其特征在于,酸性物质吸附层外部为网格外套、网格外套内填充酸性物质吸附剂。

5.根据权利要求1或所述的一种能处置多种污染物的物理吸附装置,其特征在于,酸性物质吸附剂层和活性炭吸附层的厚度为50-100mm。

6.根据权利要求1或所述的一种能处置多种污染物的物理吸附装置,其特征在于,所述吸附模块包括方形框架,所述方形框架的两侧为网格端板,中间设网格隔板,所述网格隔板将方形框架内部空间分隔成两个部分,其中一个部分内装填活性炭,另一个部分内填充酸性物质吸附剂,分别形成活性炭吸附层和酸性物质吸附剂层。

7.根据权利要求1或所述的一种能处置多种污染物的物理吸附装置,其特征在于,所述吸附装置外壳内设有可拆卸的安装架,吸附模块固定在安装架上。

(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 111359366 A

(43)申请公布日 2020.07.03

(21)申请号 201910889522.4

(22)申请日 2019.09.10

(71)申请人 上海深城环保设备工程有限公司

地址 200070 上海市静安区中华新路496号

2号楼4层

(72)发明人 张传忠 陈健

(51)Int.Cl.

B01D 53/04(2006.01)

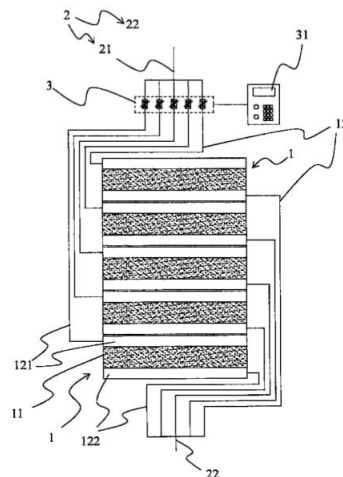
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54)发明名称

层叠式气体吸附器及应用该吸附器的废气净化装置

(57)摘要

本发明公开了一种固定床气体吸附器以及应用这种吸附器的废气处理装置。这种吸附器包括多个上下层叠的独立的吸附单元,在每个吸附单元的气体通道中设置气流分配平衡装置。对气流分配平衡装置的改进是在吸附器上分别设置针对大、小流量气流分配平衡的相应在吸附和脱附过程中发挥效应的二元气流均衡装置。该吸附器的有益作用主要是降低吸附器的风阻并使得吸附器结构紧凑,特别适用于此前发明的转盘式变温吸附或转盘式变温变压吸附气体吸附浓集装置。



CN 111359366 A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

103

1. 一种气体吸附器,其特征是包括多个上下层叠的独立的吸附单元,每个吸附单元包括固定吸附床体、上气体通道和下气体通道,上气体通道和下气体通道统称单元气体通道;所有上气体通道汇聚到上气体总管,所有下气体通道汇聚到下气体总管,上气体总管和下气体总管统称为吸附器总管;在每个吸附单元的气体通道中的至少一处设置气流分配平衡装置;这种气体吸附器称为均衡层叠吸附器。

2. 如权利要求1所述的气体吸附器,其特征是在每个吸附单元的单元气体通道中设置针对不同气体流量的气流分配平衡装置。

3. 如权利要求2所述的气体吸附器,其特征是在吸附器设置了包含了所有上气体通道的上集束接口,和包含了所有下气体通道的下集束接口;集束接口将每个单元气体通道分成靠近吸附床体的近端通道和远离吸附床体的远端通道,均衡层叠吸附器位于两个集束接口之间的部分称为吸附器主体;根据远端通道的不同均衡层叠吸附器有两种设置:一种仅在两个近端通道中的一个设置针对大流量气流分配平衡的气流分配平衡装置,另一种还在两个远端通道中的一个设置针对小流量气流分配平衡的气流分配平衡装置;应用时均衡层叠吸附器主体部分在机械装置驱动下藉由集束接口的切换使得均衡层叠吸附器能够在两种配置之间转换。

4. 一种气体吸附分离装置,其特征是包括至少1个如权利要求2所述的均衡层叠吸附器,均衡层叠吸附器在吸附和脱附状态之间切换时,所述的气流分配平衡装置根据吸附气体与脱附气体不同的流量运行不同的气流均衡参数。

5. 一种气体吸附分离装置,其特征是包括至少2个如权利要求3所述的均衡层叠吸附器,这些气体吸附器根据配置不同被分成吸附组和再生组两个编组,均衡层叠吸附器主体能够在机械装置驱动下通过集束接口的切换在两个编组之间转移;吸附气体通过吸附组均衡层叠吸附器时吸附质成分被吸附剂捕获,与非吸附质成分完成分离;达到一定饱和程度的吸附器主体被切换至再生组,脱附气体通过脱附组气体吸附器时使的吸附质与吸附剂分离并将吸附质携出,完成吸附器内吸附剂的再生;在每个均衡层叠吸附器的每个吸附单元的一个近端通道设置针对大流量气流分配平衡的气流均衡装置,在再生组对应的每个均衡层叠吸附器的吸附单元的远端通道设置针对小流量气流分配平衡的气流均衡装置,由两种气流均衡配置共同组成的气流均衡装置系统称为二元气流均衡装置。

6. 如权利要求4所述的气体吸附分离装置,其特征是包括至少2个如权利要求3所述的均衡层叠吸附器,所有均衡层叠吸附器主体依序设置在一个能够绕固定轴转动的旋转体上,而连通这些均衡层叠吸附器主体的管道和外围装置设置在地面上,利用旋转体的运动完成均衡层叠吸附器主体在吸附组和再生组之间的切换转移,工作时吸附气体依次通过吸附组的每个均衡层叠吸附器,脱附气体依次通过再生组的每个均衡层叠吸附器。

7. 如权利要求5所述的气体吸附分离装置,其特征是分离原理为变温吸附,所述的再生组又分为脱附序列和热再生序列,脱附序列和热再生序列均设置一个以上均衡层叠吸附器,工作时脱附气体依次通过热再生序列和脱附序列的每一个均衡层叠吸附器。

8. 如权利要求5所述的气体吸附分离装置,其特征是分离原理为变温变压吸附,所述的再生组又分为升温脱附序列和减压脱附序列,升温脱附序列和减压脱附序列均设置一个以上均衡层叠吸附器,脱附气体循环通过升温脱附序列并溢出携带吸附质的脱附气体,负压脱附气体依次通过减压脱附序列的每一个均衡层叠吸附器,携带减压脱附溢出的吸附质和

Додаток Г
Публікації автора

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студента групи ЛН-71

ТРАЧУКА ЄГОРА ВАЛЕРІЙОВИЧА

1. Адсорбер: пат. 146021 Україна: МПК (2006) F25B 37/00, B01D 53/04. № 202006319; заявл. 29.09.2020; опубл 13.01.2021, Бюл. № 2. 4 с.
2. Застосування склобою як насадки вловлювача полум'я: пат. 146020 Україна: МПК (2006) A62C 4/00, C03C 6/02. № 202006317; заявл. 29.09.2020; опубл 13.01.2021, Бюл. № 2. 3 с.
3. Тарілка масообмінного апарата: пат. 146174 Україна: B01D 3/20 (2006.01). № 202006320; заявл. 29.09.2020; опубл 20.01.2021, Бюл. № 3. 4 с.
4. Тарілка масообмінного апарата: пат. 146174 Україна: B01D 3/20 (2006.01) № 202007082; заявл. 04.11.2020; опубл 03.03.2021, Бюл. № 9. 5 с.
5. MODERN 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.
6. IMPROVEMENT OF THE ADSORBER DESIGN / Trachuk Y. V., Andreiev I. A.// «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.



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	(72) Винахідник(и): Андрєєв Ігор Анатолійович (UA), Мікульонок Ігор Олегович (UA), Трачук Єгор Валерійович (UA), Коляденко Владислав В'ячеславович (UA), Самелюк Олександр Віталійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 29.09.2020	(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)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 14.01.2021	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 13.01.2021, Бюл.№ 2	

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.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

107

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.

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, 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 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.

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.

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

Виконання перфорованого стакана дає змогу швидко його вилучати з вертикального корпусу, повністю звільняти від відпрацьованого адсорбенту, заповнювати свіжим адсорбентом і встановлювати у вертикальному корпусі. При цьому перфорований стакан видаляють з 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.

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.

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).

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).

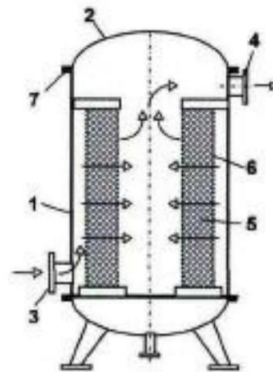
За потреби заміни адсорбенту 5 у перфорованому стакані 6 знімну кришку 2 знімають з вертикального корпусу 1, після чого перфорований стакан 6 видаляють за межі адсорбера. Після заміни адсорбенту 5 перфорований стакан 6 встановлюють у вертикальному корпусі 1.

Пропонований конструкція адсорбера істотно підвищує зручність його експлуатації.

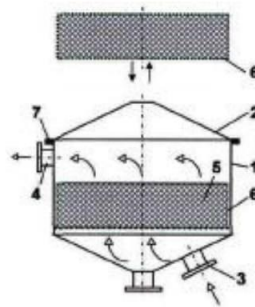
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

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.

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



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),
Андрєєв 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),
Андрєєв 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.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

110

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 A62C 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 °C).

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

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Застосування склобою як насадки вловлювача полум'я.
30 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

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



УКРАЇНА

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

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

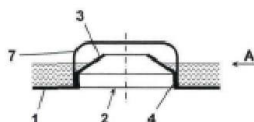
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(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, Лісянський р-н, Черкаська обл., 19340 (UA),
Коляденко Владислав В'ячеславович,
вул. Підгаївська, 123, с. Бишів, Макаріївський 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 розборткованими 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.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

112

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.

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 зазначеної тарілки є її складна конструкція. 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 B01D 3/20, опубл. 26.11.2018].

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.

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.

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.

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.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг. 1 - позовжний 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).

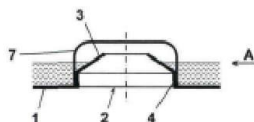
Тарілка працює в такий спосіб.

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.

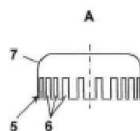
Пропонована корисна модель спрощує виготовлення тарілки, а також підвищує її надійність під час експлуатації масообмінного апарата.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5 Тарілка масообмінного апарата, що містить горизонтальне полотно з розбортаними 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

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

(21) Номер заявки: **u 2020 07082**
(22) Дата подання заявки: **04.11.2020**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **04.03.2021**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **03.03.2021, Бюл.№ 9**

(72) Винахідник(и):
Мікульонок Ігор Олегович (UA),
Андрєєв Ігор Анатолійович (UA),
Самелюк Олександр Віталійович (UA),
Трачук Єгор Валерійович (UA),
Коляденко Владислав В'ячеславович (UA)
(73) Володілець (володільці):
Мікульонок Ігор Олегович,
вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02223 (UA),
Андрєєв 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, Макаріївський р-н, Київська обл., 08072 (UA)

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.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.066114.001 ПЗ

Арк.

115

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.

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 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 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 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.

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 кожного ковпачка відносно відповідного стрижня в осьовому напрямку, що важливо в разі широкого діапазону навантаження масо обмінного апарата по легкій фазі.

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.

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 α 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).

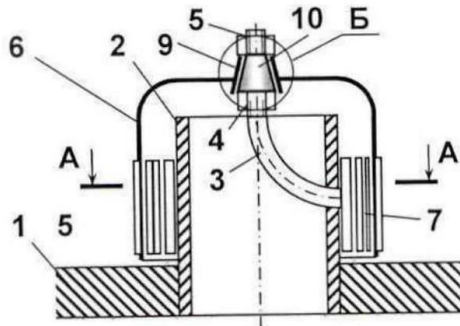
Тарілка працює в такий спосіб.

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 α 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 оснащені кільцевими горизонтальними ділянками.



Фіг. 1

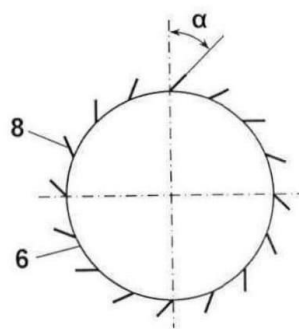


Fig. 2

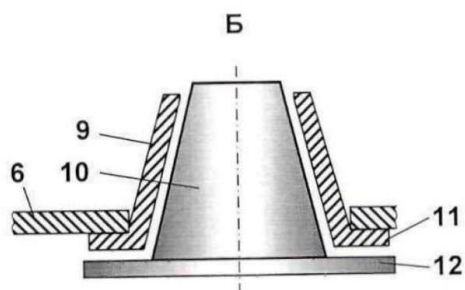


Fig. 3

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

УДК 544.723

MODERN DIRECTIONS FOR IMPROVING THE ADSORPTION PROCESS

Student Trachuk Yehor associate professor, Ph.D., Andreiev Igor

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. Presented the main modern directions of improvement of equipment for adsorption process. Special attention is paid to the most common coal-based adsorber, to the heating characteristics of the coal sorbent in regeneration mode and to its cooling in working mode. Specified ways to improve adsorption, regeneration and life extension of adsorbers.

Key words: adsorption, adsorber, sorbent, regeneration.

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ

студент Трачук Єгор, к.т.н., доц. Андреев Ігор

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Анотація. Наведені основні сучасні напрямки удосконалення обладнання для проведення процесу адсорбції. Особливу увагу приділено найбільш поширеним вугільним адсорберам, особливостям нагрівання вугільного сорбенту в режимі регенерації і його охолодженню в робочому режимі. Визначені шляхи покращення процесу адсорбції, режиму регенерації і збільшенню терміну експлуатації адсорберів.

Ключові слова: адсорбція, адсорбер, сорбент, регенерація.

In chemical process industry, adsorption is used for separation pernicious contraries from liquid and gasiform technologic products or for detachment high-

priced materials from gas emissions and flows. It is also used for cleaning gases and effluents from toxic substances, hazardous and stinking materials.

Adsorption is carried out using adsorbers with a static or moving grainy adsorbent, with a boiling (fluidized) adsorbent layer.

The distinguishing feature of the adsorption process is the need for their periodic regeneration and complete reload of the adsorbent. As the machine works, micropores are inevitably clogged with contaminants, which gradually reduces the efficiency of capturing undesirable or harmful components of the gaseous phase.

The most commonly used sorbents are absorbent carbon. In regeneration mode (desorption) into the adsorber takes place heating of the activated carbon to restore its adsorption capacity. Unfortunately, activated carbon, just like other sorbents, which is applied in practice, has little thermal conductivity.

In this connection, the rapid heating of the large volume of coal sorbent in the apparatus can be carried out by flushing it with a hot water vapour at a temperature of 160 °C (pat. RU2159706, B60N 3/00). But water vapor is suitable for desorption of only a limited number of adsorbed compounds. It is also proposed to purge the sorbent with nitrogen at a temperature of 110-215 °C (pat. RU2052815, G01N 33/14), hydrocarbon gas at a temperature of 210-230 °C (pat. RU2047589, C07C 7/12) or high temperature treatment in inert atmosphere in an ultra-high frequency field at 915-5800 Mhz (pat. RU2109828, C22B 11/00, C22B 3/42). The patent authors RU2402372, B01D 53/04, propose that all coal should be current-fed, which ensures that it is smoothly warmed to the required temperature.

In order to increase the service life of the coal-fired adsorber, it is proposed to cool the sorbing layer by installing heat-exchange tubes (pat. № 47241, B01D 53/02), a mixing system for the sorbing layer, thereby avoiding sintering and excessive compaction of the sorbent, thereby restoring its filtering properties during use (pat. Ukrainians 52909, B01D 53/02).

The authors of the patent of Ukraine 56582, B01D 53/02 propose to use regenerated activated carbon and the new structural execution of the loading node in order to save resources. For this purpose, the mounting of a horizontal grid at the top

of the apparatus makes it much easier to replace the sorbent, repair and using of the adsorber, increases the volume of the sorbent and improves the geometry of the adsorption front.

The improvement of the adsorber can be done by redesigning the case and covers to allow the control of the volume of the adsorbent that takes part in the separation process, or by adjusting the volume of the adsorbent that is regenerated, and to adjust the time of interaction of the treated phase with the adsorbent (pat. Ukrainians 49086, B01D 53/04). The same objective is proposed due to the new combination of the main lines and the inlet and outlet pipes (pat. Ukrainians 56601, B01D 53/04).

Another way to improve the adsorption process is to comply with a certain temperature regime for cleaning certain substances and to use as a mordenite sorbent (pat. Ukrainians 76224, C01C 31/08, pat. Ukrainians 78102, C07C 7/13).

					ЛН71.066114.001 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

УДК 544.723

IMPROVEMENT OF THE ADSORBER DESIGN

Trachuk Egor, Andreiev Igor

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. *The new design of the apparatus for adsorption process is introduced. As a result of the improvement carried out, the experimented adsorbent from the perforated barrel can be removed quickly and reliably, thereby significantly increasing the usability of the adsorber.*

Key words: ADSORPTION, ADSORBER, SORBENT, REGENERATION.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ АДСОРБЕРА

студент Трачук Єгор, к.т.н., доц. Андреев Ігор

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Анотація. *Наведена нова конструкція апарата для здійснення процесу адсорбції. В результаті проведеного удосконалення забезпечується швидке й надійне видалення відпрацьованого адсорбенту з перфорованого стакану, а отже істотно підвищується зручність експлуатації адсорбера.*

Ключові слова: АДСОРБЦІЯ, АДСОРБЕР, СОРБЕНТ, РЕГЕНЕРАЦІЯ.

Equipment for separation of gas and liquid media of homogeneous systems, including adsorption and ion-exchange processes, is used in chemical, oil-refining, food and other industries, as well as in water purification.

Adsorber operation features periodic regeneration and full adsorbent reboot. As the device works, the micropore is inevitably filled with a pollutant, which gradually

reduces the efficiency of capture of undesired or harmful components of the gas phase.

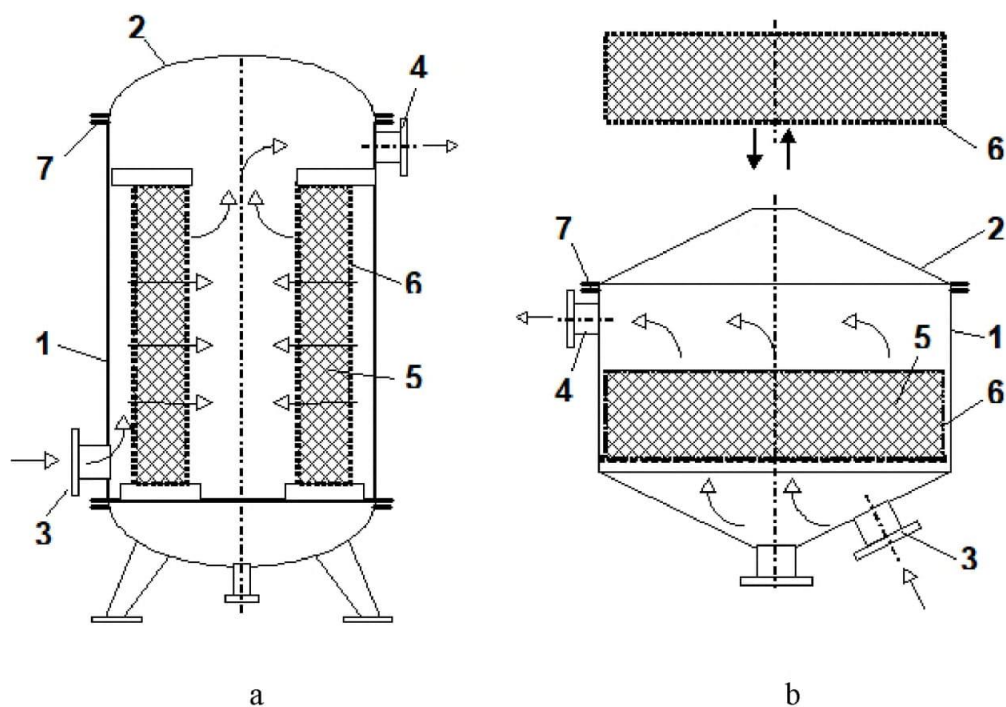
Batch action adsorbers with a fixed layer of adsorbent have become widespread in industry. That type adsorber consists of a vertical housing, a removable lid, connections, a perforated barrel filled with adsorbent, and an unloading hatch arranged on the bottom of the perforated barrel.

Despite a simple design, the specified adsorber is characterized by low serviceability. Then, if an adsorbent in the adsorber needs to be replaced, a discharge hatch is opened and through it the adsorbent is removed. However, on the bottom of the perforated nozzle, on the side opposite the discharge hatch, a stagnation zone is formed, which makes it significantly more difficult to completely remove the spent adsorbent from the perforated barrel.

To ensure the quick and reliable removal of the used adsorbent from the perforated barrel, which significantly increases the usability of the adsorber, the authors proposed that the perforated barrel must be designed in such a way that it is removable from a vertical housing and can be removed by the mounting thereof in a vertical housing through the top base of the vertical housing, provided that the head is removed.

In the most acceptable example of an adsorber design, a removable head with a vertical body can be connected by a bayonet lock.

The perforated barrel can be embodied in the form of an annular cylinder (figure 1a) or in the form of a cylinder (figure 1b).



1 – housing, 2 – head, 3, 4 – nozzle, 5 – adsorbent, 6 – perforated barrel,
7 – bayonet lock

Figure 1. Adsorbers with perforated barrels that embodied in the form of an annular cylinder (a) and in the form of a cylinder (b).

The proposed adsorber design significantly improves the serviceability of the adsorber.

Перелік посилань:

1. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн. М.: Химия, 1981. Кн. 2. 812 с.
2. Адсорбер: пат. 146021 У Україна: МПК F25B 37/00 (2021.01), B01D 53/04 (2006.01). № u202006319; заявл. 29.09.2020; опубл. 13.01.2021, Бюл. № 2.