

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №11  
ЗА ТЕМОЮ "ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗДІЛЕННЯ ГАЗОВОЇ СУМІШІ  
В АБСОРБЦІЙНІЙ КОЛОНІ БАРБОТАЖНОГО ТИПУ"

Затверджено на засіданні  
кафедри Процеси та апарати  
хімічної технології.  
Протокол № 12 від 27.05.2011 р.

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №11 "Дослідження процесу розділення газової суміші в абсорбційній колоні барботажного типу" для студентів III-IV курсів технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл. О.О. Тертишний. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012 – 16 с.

Укладач О.О. Тертишний, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск П.Г. Сорока, д-р техн. наук

Навчальне видання  
Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи №11  
"Дослідження процесу розділення газової суміші в абсорбційній колоні  
барботажного типу"

Укладач ТЕРТИШНИЙ Олег Олександрович

Авторська редакція

Підписано до друку 21.01.13. Формат 60×84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф.  
Умов.-друк. арк. 0,72. Облік.-вид. арк. 0,78. Тираж 80 прим. Замовлення №130.  
Свідоцтво ДК №303 від 27.12.2000.

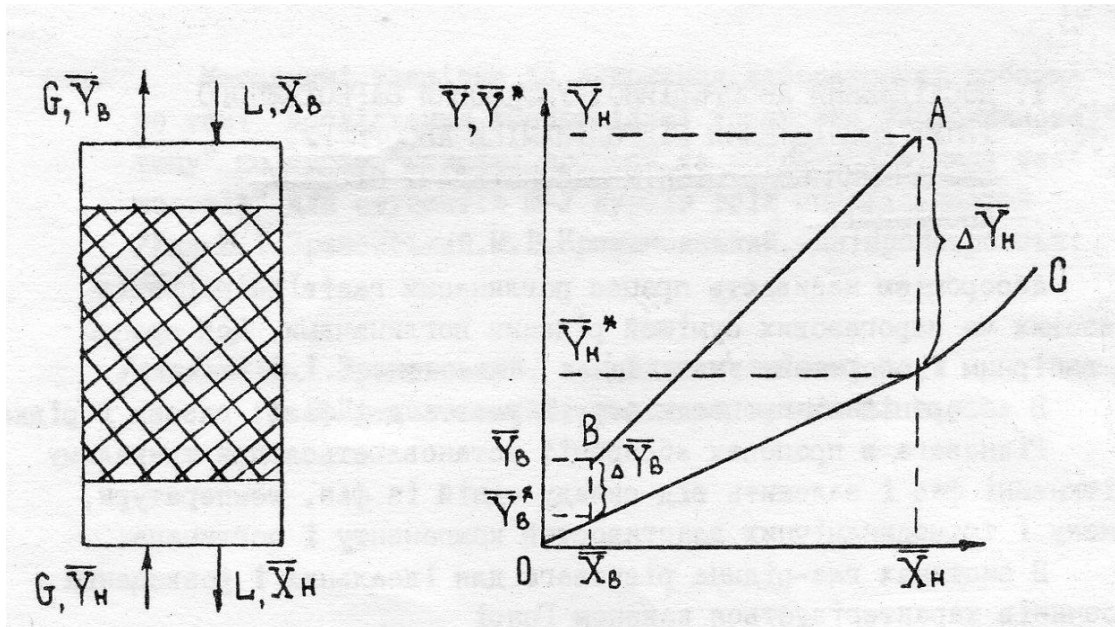
---

ДВНЗ УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ-5, просп. Гагаріна, 8.

Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру

**I ДОСЛІДЖЕННЯ АБСОРБЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ БАРТОБАЖНОГО  
ТИПУ. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ АБСОРБЕРА.  
ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА МАСОПЕРЕДАЧІ ПРОЦЕСУ АБСОРБЦІЇ**

Абсорбція це процес поглинання газових чи парових компонентів (абсорбтива) із газових або парових сумішей рідкими поглиначами (абсорбентами). Цей процес є вибіркоким і в більшості випадків оборотним (рис. 1).



OC – лінія рівноваги,  $\bar{Y}^* = f(\bar{x})$ ;

AB – робоча лінія процесу абсорбції, пряма, яка проходить через точки

$$A \left( \bar{Y}_n, \bar{X}_n \right) \text{ і } B \left( \bar{Y}_v, \bar{X}_v \right)$$

Рисунок 1.1 – Схема процесу абсорбції

Рівновага в процесах абсорбції між двома фазами газовою і рідкою досягається при тривалому їх контакті і залежить від складу однієї із фаз, температури, тиску і термодинамічних властивостей абсорбтива і абсорбента.

В системах газ-рідина рівновага для ідеальних і розбавлених розчинів характеризується законом Генрі: парціальний тиск абсорбтива над рідиною  $P_A^*$  пропорційний його мольній частці  $X_A$  в розчині:

$$P_A^* = E \cdot x_A, \quad (1)$$

або розчинність газу (абсорбтиву А) в рідині  $x_A^*$  при даній температурі пропорційна його парціальному тиску над розчином  $p_A$ :

$$x_A^* = \frac{1}{E} \cdot p_A, \quad (2)$$

де  $E$  – коефіцієнт пропорційності (константа Генрі), довідкова величина, залежить від властивостей абсорбтива і абсорбента, значення коефіцієнта зростає зі збільшенням температури, вимірюється в одиницях тиску.

З урахуванням закону Дальтона закон Генрі можна записати наступним чином:

$$y_A^* = \frac{p_A^*}{P} = \frac{E}{P} \cdot x_A = mx_A, \quad (3)$$

де  $y$  – мольна частка абсорбтива в газовій фазі;

$P$  – абсолютний тиск в абсорбері, Па;

$m$  – константа фазової рівноваги, або коефіцієнт розподілу.

Для слабо розчинних газів і відповідно, сильно розбавлених розчинів концентрації абсорбтиву в формулі (3) можна виражати у відносних мольних

частках ( $X, Y$ ) або у відносних масових частках  $\left( \bar{X}, \bar{Y} \right)$  без корегування

значення константи фазової рівноваги.

Маса газового компонента  $M$ , кг/с, яка переходить із фази в фазу за одиницю часу, пропорційна поверхні контакту фаз та рушійній силі процесу і залежить від властивостей абсорбтива, абсорбента, інертного газу, конструктивних характеристик абсорбера та гідродинамічного режиму його роботи.

Якщо рушійну силу визначають по газовій фазі, рівняння масопередачі процесу абсорбції має вигляд:

$$M = K_y^- \cdot F \cdot \Delta \bar{Y}_{сер} \cdot, \quad (4)$$

де  $K_y^-$  - коефіцієнт масопередачі,  $\text{кг}/(\text{м}^2\text{с}) \cdot (\text{кг}/\text{кг})$ ;

$F$  – поверхня контакту фаз,  $\text{м}^2$ , для тарільчатого абсорбера сумарна робоча площа усіх тарілок;

$\Delta \bar{Y}_{сер} \cdot$  - середня рухома сила процесу абсорбції:

$$\Delta \bar{Y}_{сер} = \frac{\bar{\Delta Y}_\delta - \bar{\Delta Y}_M}{\ln \frac{\bar{\Delta Y}_\delta}{\bar{\Delta Y}_M}}, \quad (5)$$

де, відповідно до рис. 1  $\bar{\Delta Y}_\delta = \bar{\Delta Y}_H = \bar{Y}_H - \bar{Y}_H^* = \bar{Y}_H - m \bar{X}_H$

$$\bar{\Delta Y}_M = \bar{\Delta Y}_\delta = \bar{Y}_\delta - \bar{Y}_\delta^* = \bar{Y}_\delta - m \bar{X}_\delta.$$

Коефіцієнт масопередачі розраховують згідно з виразом:

$$K_y^- = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y^-} + \frac{m}{\beta_x^-}}, \quad (6)$$

де  $\beta_y, \beta_x$  – коефіцієнти масовіддачі, відповідно в газовій і рідкій фазах.

Коефіцієнти масовіддачі не є фізичними константами, а кінетичними характеристиками, які залежать від фізичних властивостей фаз (густини, в'язкості та інш.) і гідродинамічних умов в них (режим руху), які пов'язані в свою чергу з фізичними властивостями фаз, а також з геометричними факторами, що визначаються конструкцією і розмірами масообмінного апарату.

В залежності від швидкості і густини зрошення розрізняють три гідродинамічні режими роботи барботажних тарілок: бульбашковий, пінний і струминний (інжекційний).

Перехід від одного режиму до другого проходить поступово. Характеристика режиму оцінюють якісно візуально.

Розрахунковим шляхом визначають швидкості газу, які відповідають нижній і верхній межах роботи тарілок, а потім вибирають робочу швидкість газу.

Для ковпачкових тарілок мінімальну швидкість газу в прорізах ковпачків  $w_{пр}$ , м/с, яка відповідає повному відкриттю прорізів і ефективній роботі тарілок визначають за залежністю:

$$W_{np} = 0,6 \sqrt{\frac{2g \cdot \rho_p \cdot h_{np}}{\rho_2}} = 0,376 \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_2}}, \quad (7)$$

де  $h_{пр}$  – висота прорізу прямокутної форми в ковпачці;

$h_{пр} = 0,02$  м (для лабораторного абсорбера);

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$\rho_r, \rho_p$  – густина рідини і інертного газу-носія при робочих умовах процесу, кг/м<sup>3</sup>.

Гранично допустима максимальна швидкість газу,  $w_B$ , м/с віднесена до повного перерізу абсорбційної колони розраховують за формулою:

$$w_B = \frac{0,0155}{d^{2/3}} \sqrt{\frac{\rho_p \cdot \Delta H}{\rho_2}} = 0,0313 \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_2}}, \quad (8)$$

де  $d$  – діаметр ковпачка, м,  $d = 0,062$  м;

$\Delta H$  – відстань від верхньої точки ковпачка до вище розташованої тарілки, м,  $\Delta H = 0,1$  м.

### 1.1 Мета роботи

Практичне ознайомлення з роботою барботажного абсорбера, дослідження його гідродинамічних і масообмінних характеристик, а саме визначення гідравлічного опору тарілок та коефіцієнта масопередачі.

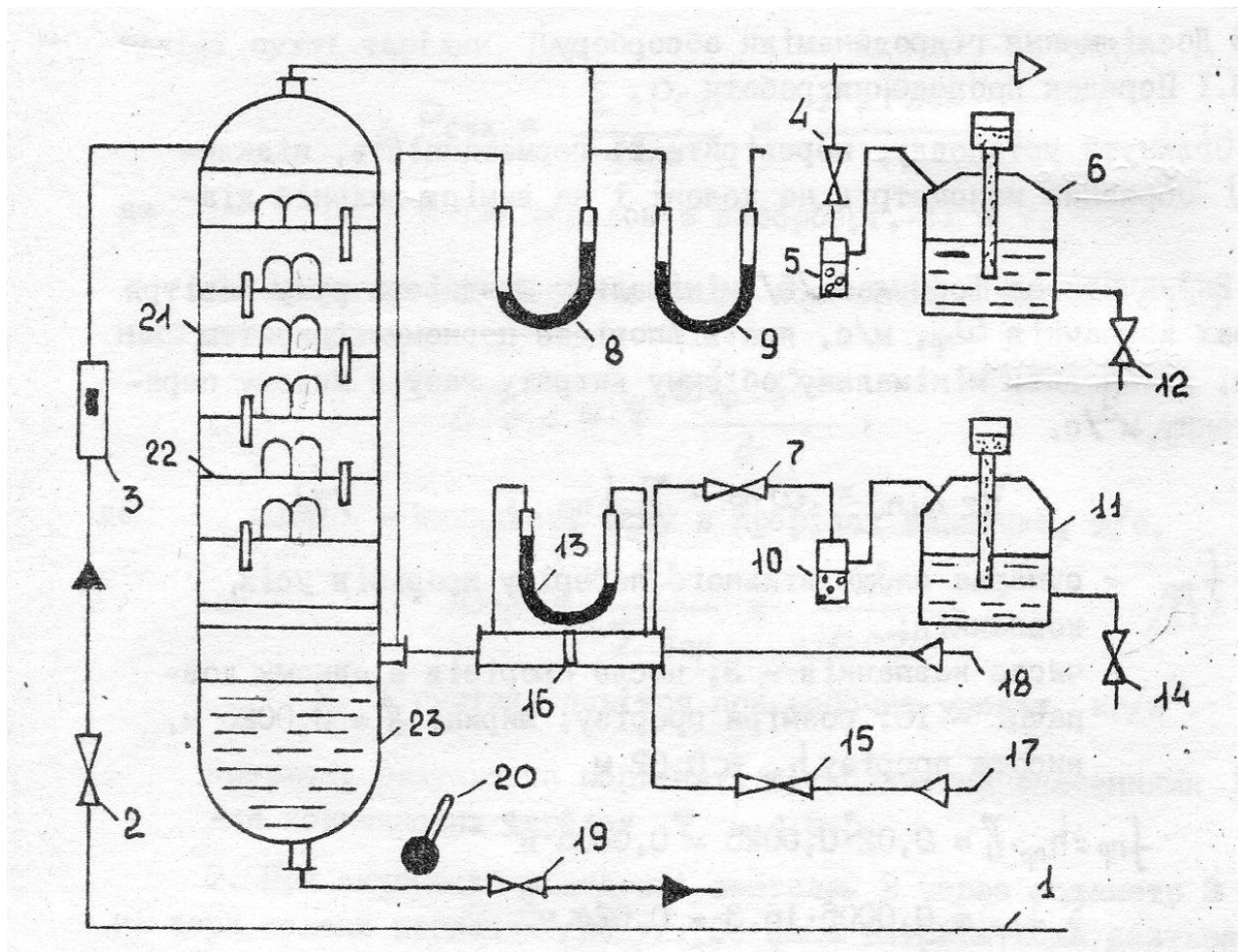
### 1.2 Опис установки (рис. 2)

Інертний газ-носії (повітря) надходить в нижню частину абсорбера 21 по лінії 18. Його витрата контролюється за допомогою дифманометра 13, який підключено до діафрагми 16. Абсорбтив вводиться по лінії 18 через вентиль 15 і змішується з повітрям.

Повний гідравлічний опір абсорбера вимірюється дифманометром 8. Тиск на верху колони контролюється дифманометром 9. Вода по лінії 1 через ротаметр 3 подається на зрошення за допомогою розподільного пристрою на верхню тарілку абсорбера і стікає вниз з утворенням на кожній тарілці 22 барботажного шару абсорбента. Витрата води регулюється вентилем 2.

Пробу газу вихідної газової суміші, яка надходить вниз колони, відбирають за допомогою дреселя 10 і газометра 11, а на виході на верху абсорбера – за допомогою дреселя 10 і газометра 6. Вміст розподіляемого компонента в інертному газі можна визначити з застосуванням фізико-хімічних методів аналізу.

Регулювання рівня гідрозатвору в абсорбері здійснюється вентилем 19. Середня температура процесу визначається термометром 20 по температурі абсорбента.



1 – лінія подачі води; 2, 15, 19- вентиля; 3 – ротаметр для визначення витрати води; 4, 7, 12, 14 – затискачі; 5- дресель відбору і аналізу проб газу з верха колони; 6 – газометр відбору проб газу з верха колони; 8 – дифманометр для вимірювання гідравлічного опору абсорбера; 9 – дифманометр для вимірювання надмірного тиску на верху абсорбера; 10 – дресель відбору і аналізу проб газу з низу абсорбера; 11 – газометр відбору проб газу з низу абсорбера; 13 - дифманометр контролю і визначення витрати газової суміші на вході в абсорбер; 17 – лінія вводу абсорбтиву; 18 – лінія подачі повітря в абсорбер; 20 - термометр; 21 – абсорбер; 22 – ковпачкові тарілка; 23 - гідрозатвор

Рисунок 1.2 - Схема абсорбційної установки

### 1.3 Дослідження гідродинаміки абсорбера

Порядок проведення роботи:

1. Включити газодувку та відрегулювати витрату повітря.

При включеній газодувці вентилям 2 через ротаметр 3 подати на верх абсорбера воду. Об'ємні витрати повітря, води та кількість дослідів встановлюють за вказівкою викладача.

2. За показаннями U – подібного манометра 13 по графіку визначати об'ємну витрату повітря  $V_{\Gamma}$ , м<sup>3</sup>/с.

3. За показаннями ротаметра 3 по графіку визначити об'ємну витрату абсорбента (води),  $V_p$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

4. Після виходу барботажного абсорбера на робочий режим провести вимірювання повного сумарного гідравлічного опору абсорбера  $\Sigma\Delta P$  за допомогою дифманометра 8.

5. Зафіксувати температуру абсорбента на вході в колону за показаннями термометра 20.

6. Визначити за формулою (7) мінімальну швидкість руху в прорізах ковпачків  $w_{np}$ ,  $\text{м}/\text{с}$ , яка забезпечує повне відкриття прорізів.

Обчислити, відповідно до встановленої об'ємної витрати газу, дійсну швидкість в прорізах ковпачків:

$$w_{np.d.} = \frac{V_2}{\Sigma f_{np}} = \frac{V_2}{0,024}, \quad (9)$$

де  $\Sigma f_{np}$  - сумарна площа вільного перерізу прорізів усіх ковпачків;  
число ковпачків на тарілці  $n_k=3$ ; число прорізів в одному ковпачці  
 $n_{np}=16$ ; розміри прорізу: ширина  $e=0,0025$  м; висота прорізу  
 $h_{np}=0,02$  м.

$$\Sigma f_{np} = n_k \cdot n_{np} \cdot e \cdot h_{np} = 3 \cdot 16 \cdot 0,0025 \cdot 0,02 = 0,0024 \text{ м}^2.$$

7. За формулою (8) визначити максимально допустиму швидкість газу  $w_v$   $\text{м}/\text{с}$  в живому перерізі колони, перевищення якої може викликати захлинання абсорбера.

Обчислити дійсне значення середньої швидкості газу для повного перерізу абсорбера:

$$w_{v.d.} = \frac{V_2}{f_k} = \frac{V_2}{0,0314}, \quad (10)$$

де  $f_k$  – площа живого перерізу абсорбера,  $\text{м}^2$ , внутрішній діаметр якого  
 $d_k=0,2$  м.

$$f_k = 0,785 \cdot 0,2^2 = 0,0314 \text{ м}^2.$$

8. Одержані результати порівняти та зробити висновки стосовно можливості ефективної і надійної роботи барботажного абсорбера.

9. Визначити повний гідравлічний опір однієї ковпачкової тарілки абсорбера  $\Delta P_t$ , Па.

$$\Delta P_m = \frac{\Sigma \Delta P}{n_m} = \frac{\Sigma \Delta P}{7}, \quad (11)$$

де  $n_t$  – кількість тарілок в абсорбері,  $n_t = 7$ .



10. Повний гідравлічний опір барботажної тарілки  $\Delta P_T$ , Па дорівнює сумі опорів сухої не завантаженої рідиною тарілки  $\Delta P_{\text{сух}}$ , газорідинного шару  $\Delta P_{\text{г.р.ш.}}$  і опору викликаної силами поверхневого натягу  $\Delta P_{\sigma}$ .

$$\Delta P_T = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\text{г.р.ш.}} + \Delta P_{\sigma}. \quad (12)$$

11. Втрата тиску на подолання сил поверхневого натягу визначається залежністю:

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_{\text{екв.}}} = \frac{\sigma}{0,0111}, \quad (13)$$

де  $\sigma$  – поверхневий натяг абсорбента (води) при середній температурі процесу, Н/м;

$d_{\text{екв.}}$  = еквівалентний діаметр прорізу ковпачка, м.

$$d_{\text{екв.}} = \frac{4f_{\text{пр}}}{\Pi_{\text{пр}}} = \frac{4 \cdot 0,0005}{0,045} = 0,0444 \text{ м,}$$

$\Pi_{\text{пр}}$  – змочений периметр прорізу, м:

$$\Pi_{\text{пр}} = 2(h_{\text{пр}} + e) = 2(0,02 + 0,0025) = 0,045 \text{ м.}$$

12. Гідравлічний опір газорідинного шару тотожний гідравлічному опору світлого шару рідини на тарілці і його знаходять із наступного співвідношення:

$$\Delta P_{\text{г.р.ш.}} = g \cdot \rho_p (1 - \varepsilon) h_{\text{г.р.ш.}} = g \cdot \rho_p \cdot h_0, \quad (14)$$

де  $\varepsilon$ - порозність або газонаповнення газорідинного шару (піни), при наближених розрахунках приймають  $\varepsilon \approx 0,5$ , в даному випадку  $\varepsilon$  необхідно розрахувати відповідно до експериментального значення  $h_{\text{г.р.ш.}}$ , висоту якого заміряють під час досліду;

$h_0$ - висота світлого шару рідини, яку можна прийняти відповідно до конструктивних характеристик тарілки ( рис.3);

$$h_0 = h_{\text{пр}} + \ell = 0,02 + 0,012 = 0,032 \text{ м.}$$

Розрахувати газонаповнення газорідинного шару:

$$\varepsilon = 1 - \frac{h_0}{h_{\text{г.р.ш.}}}, \quad (15)$$

13. Визначити гідравлічний опір сухої тарілки:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \Delta P_T - (\Delta P_{\sigma} + \Delta P_{\text{г.р.ш}}). \quad (16)$$

14. Розрахувати коефіцієнт опору ковпачкової тарілки, Па, за наступним виразом:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \xi \frac{w_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{г}}}{2}. \quad (17)$$

Одержані результати порівняти з табличними значеннями [1]. Для ковпачкових тарілок  $\xi = 4,5 \div 5$ .

15. При проведенні дослідів візуально оцінити в якому гідродинамічному режимі працює абсорбер.

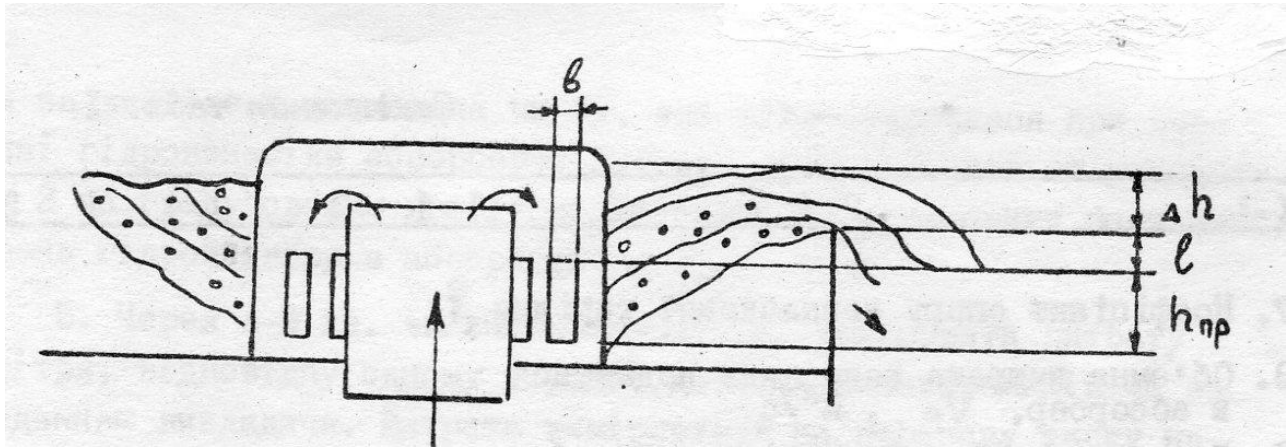


Рисунок 1.3 – Схема ковпачкової тарілки

Таблиця 1 - Гідродинамічні характеристики барботажного абсорбера

№ п/п	Найменування показників	Дослід		
		розмірність	1	2
1	2	3	4	5
1.	Об'ємна витрата повітря, $V_{\text{г}}$	$\text{м}^3/\text{с}$		
2.	Об'ємна витрата абсорбента (води), $V_{\text{р}}$	$\text{м}^3/\text{с}$		
3.	Сумарний повний гідравлічний опір усіх тарілок абсорбера з газорідинним шаром, $\Sigma \Delta P$	Па		
4.	Середня температура води в абсорбері	$^{\circ}\text{C}$		
1	2	3	4	5
5.	Мінімальна швидкість газу в прорізах ковпачка, $w_{\text{пр}}$	м/с		
6.	Дійсна швидкість газу в прорізах ковпачка $w_{\text{прд}}$	м/с		
7.	Гранично допустима максимальна швидкість газу віднесена до повного перерізу колони, $w_{\text{в}}$	м/с		

8.	Дійсна середня швидкість газу, віднесена до повного перерізу колони $w_{в.д.}$	м/с		
9.	Повний гідравлічний опір однієї ковпачкової тарілки з газорідинним шаром $\Delta P_T$	Па		
10.	Втрата тиску на тарілці на подолання сил поверхневого натягу, $\Delta P_\sigma$	Па		
11.	Гідравлічний опір газорідинного шару на ковпачковій тарілці, $\Delta P_{г.р.ш}$	Па		
12.	Висота газорідинного шару (піни) на тарілці $h_{г.р.ш}$	м		
13.	Порозність (газонаповнення газорідинного шару (піни)), $\epsilon$	-		
14.	Сума гідравлічного опору газорідинного шару і опору викликаного силами поверхневого натягу, $\Delta P_{г.р.ш} + \Delta P_\sigma$	Па		
15.	Гідравлічний опір сухої тарілки, $\Delta P_{сух}$	Па		
16.	Коефіцієнт гідравлічного опору сухої ковпачкової тарілки, $\zeta$	-		
17.	Якісна оцінка гідродинамічного режиму роботи абсорбера.			

#### 1.4 Визначення коефіцієнта масопередачі в барботажному абсорбері

1. Коефіцієнт масопередачі визначають для процесу поглинання водою газового компонента суміші його з повітрям. В якості абсорбтива за вказівкою викладача розглядають один з газових компонентів із табл. 2.

Таблиця 2 - Властивості деяких газів

Розподілений газовий компонент	Коефіцієнт Генрі для водних розчинів $E \cdot 10^6$ мм рт.ст при температурі, $^{\circ}\text{C}$		Коефіцієнт молекулярної дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$ для системи	
	20	25	газ-повітря	газ-вода
Ацетилен, $\text{C}_2\text{H}_2$	0,92	1,01	$D_{15}=0,191 \cdot 10^{-4}$	$D_{25}=1,78 \cdot 10^{-9}$
Діоксид вуглецю, $\text{CO}_2$	1,08	1,24	$D_{20}=0,165 \cdot 10^{-4}$	$D_{25}=1,96 \cdot 10^{-9}$
Сірководень, $\text{H}_2\text{S}$	0,367	0,414		$D_{25}=1,61 \cdot 10^{-9}$
Хлор, $\text{Cl}_2$	0,402	0,454	$D_{20}=0,124 \cdot 10^{-4}$	$D_{25}=1,44 \cdot 10^{-9}$
Бром, $\text{Br}_2$	0,0451	0,056		$D_{25}=1,3 \cdot 10^{-9}$

**Примітка\*** При відсутності експериментальних значень коефіцієнтів молекулярної дифузії їх визначають за наближеними формулами [4, 5, 8].

Коефіцієнт молекулярної дифузії для систем газ-вода перерахувати для робочої температури за залежністю:

$$D_t = D_{20}[1+0,02(t-20)].$$

Коефіцієнт молекулярної дифузії для систем газ повітря уточнити для робочих умов процесу за виразом:

$$D_{T.P.} = D_0 \frac{P_0}{P} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{3/2}$$

На основі експериментальних і розрахункових даних, які були одержані при дослідженні гідродинаміки барботажного абсорбера за допомогою критеріальних рівнянь [8] знайти значення коефіцієнтів масовіддачі  $\beta_{yf}$ ,  $\beta_{xf}$ , м/с.

$$\beta_{xf} = 6,24 \cdot 10^5 \cdot D_x^{0,5} \left( \frac{U}{1-\varepsilon} \right)^{0,5} \cdot h_0 \left( \frac{\mu_y}{\mu_x + \mu_y} \right)^{0,5} \quad (18)$$

$$\beta_{yf} = 6,24 \cdot 10^5 \cdot F_v \cdot D_y^{0,5} \left( \frac{W_{в.д.}}{1-\varepsilon} \right)^{0,5} \cdot h_0 \left( \frac{\mu_y}{\mu_x + \mu_y} \right)^{0,5} \quad (19)$$

де  $D_x$  і  $D_y$  – коефіцієнти молекулярної дифузії абсорбтива в воді і повітрі, відповідно, м<sup>2</sup>/с (табл. 2);

$U$  – густина зрошення, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с.

$$U = \frac{V_p}{0,785 \cdot d_k} = \frac{V_p}{0,785 \cdot 0,2^2} = \frac{V_p}{0,0314}, \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с},$$

$\varepsilon$  – газонаповнення (порозність) газорідинного шару, визначається за рівнянням (15);

$h_0$  – висота світлого шару рідини;

$$h_0 = h_{г.р.ш}(1 - \varepsilon),$$

$h_{г.р.ш}$  – експериментальне значення висоти газорідинного шару на тарілці, м;

$\mu_y$ ,  $\mu_x$  – коефіцієнти динамічної в'язкості повітря і води при робочих умовах, мПа·с;

$W_{в.д.}$  – швидкість газу у вільному перерізі абсорбера, м/с;

$F_v$  – вільний переріз тарілки (без урахування площі установаження трьох ковпачків і одного переливного пристрою).

$$F_v = 0,785 (d_k^2 - 3d^2 - d_{пер.}^2) = 0,785 (0,2^2 - 3 \cdot 0,062^2 - 0,036^2) = 0,0451 \text{ м}^2,$$

тут діаметр колони  $d_k=0,2$  м; діаметр ковпачка  $d = 0,062$  м; діаметр переливного пристрою  $d_{пер.}=0,036$  м.

3. Одержані значення коефіцієнтів масовіддачі в м/с привести до відповідних розмірностей витрат газової і рідкої фаз.

$$\beta_z f = \beta_{zf} \cdot \rho_z, \text{ кг/м}^2\text{с}, \quad (20)$$

$$\beta_p f = \beta_{pf} \cdot \rho_p, \text{ кг/м}^2\text{с}. \quad (21)$$

де  $\rho_r$  і  $\rho_p$  – густина повітря і води в робочих умовах.

4. Уточнити абсолютний тиск в середній частині абсорбера:

$$P = P_{абс.} + \frac{\Sigma \Delta P}{2}, \quad (22)$$

де  $P_{абс.}$  – атмосферний тиск, Па.

5. Визначити константу фазової рівноваги, відповідно до формули (3).

6. Розрахувати значення коефіцієнта масопередачі в газовій фазі  $\bar{K}_y f$ , кг/м<sup>2</sup>с та рідкій фазі  $\bar{K}_x f$ .

Таблиця 1.4 – Результати визначення масообмінних характеристик барботажного абсорбера

№ п/п	Найменування показників	Розмірність	Числове значення
1	2	3	4
1.	Коефіцієнт молекулярної дифузії абсорбтива: а) в повітрі, $D_y$ б) у воді $D_x$	$\text{м}^2/\text{с}$ $\text{м}^2/\text{с}$	
2.	Густина зрошення, $U$	$\text{м}^3/\text{м}^2/\text{с}$	
3.	Газонаповнення газорідного шару, $\epsilon$		
4.	Висота світлого шару рідини, $h_0$	м	
5.	Коефіцієнти динамічної в'язкості при робочих умовах: а) повітря, $\mu_y$ б) води, $\mu_x$	Па·с Па·с	
6.	Вільний переріз тарілки, $F_B$	$\text{м}^2$	
7.	Швидкість газу у вільному перерізі абсорбера, $W$	м/с	
8.	Густина при робочих умовах: а) повітря $\rho_r$ б) води $\rho_p$	$\text{кг}/\text{м}^3$ $\text{кг}/\text{м}^3$	
9.	Коефіцієнт масовіддачі: а) $\beta_r f$ б) $\beta_p f$	$\text{кг}/\text{м}^2\text{с}$ $\text{кг}/\text{м}^2\text{с}$	
10.	Константа Генрі для дослідного газового компонента, $E$	Па	
11.	Абсолютний тиск в середній частині абсорбера	Па	

1	2	3	4
12.	Константа фазової рівноваги, $m$		
13.	Коефіцієнт масопередачі по газовій фазі, $K_y$	кг/м <sup>2</sup> с	
14.	Коефіцієнт масопередачі по рідинній фазі $K_x$	кг/м <sup>2</sup> с	

### Контрольні питання

1. У чому полягає процес абсорбції?
2. Що є рухомою силою процесу абсорбції?
3. Як визначають середню рухому силу процесу абсорбції?
4. Для яких систем лінія рівноваги може бути прямою?
5. Від чого залежить рівновага в процесі абсорбції?  
Яким законом описується рівновага?
6. Чому при абсорбції газовий компонент переходить із газової фази в рідину?  
Чи бере участь в масообміні газ-носій?
7. Чому в абсорбційних колонах доцільно використовувати протитоковий рух фаз?
8. Які гідродинамічні режими можуть мати місце в барботажних абсорберах і від чого вони залежать?
9. Як визначають мінімальну питому витрату абсорбента?
10. Як впливає зміна питомої витрати поглинача на рушійну силу процесу абсорбції?
11. Як впливають гідродинамічні режими роботи на процес абсорбції?
12. Як визначається коефіцієнт розподілу (константа фазової рівноваги)?
13. Як впливає температура на процес абсорбції?
14. Як впливає тиск в колоні на процес абсорбції?
15. Із яких гідравлічних втрат складається повний гідравлічний опір барботажної тарілки?
16. Від чого залежить гідравлічний опір газорідинного шару на тарілці?
17. Що таке десорбція?
18. Скласти рівняння матеріального балансу процесу абсорбції.
19. Написати рівняння робочої лінії абсорбера.
20. Рівняння масовіддачі. Величини які входять в рівняння.
21. Рівняння масопередачі для газової і для рідинної фаз. Величини, які входять в рівняння.
22. Як визначаються коефіцієнти масопередачі для газової і рідинної фаз?
23. Як визначається ступінь вилучення газового компонента?
24. Що таке густина зрошення?
25. Як визначається ступінь регенерації абсорбента?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кафаров, В.В. Основы массопередачи. Система газ-жидкость, пар-жидкость, жидкость-жидкость [Текст] / В.В. Кафаров. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 1979. – 440 с.
2. Хоблер, Т. Массопередача и абсорбция [Текст] / Т. Хоблер: Пер. с польского/ под ред. П.Г. Романкова. – Л.: Химия, 1964. – 480 с.
3. Шервуд, Т. Массопередача [Текст] / Т. Шервуд и др.: пер. с англ. – М.: Химия, 1982. – 695 с.
4. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] / К.Ф. Павлов и др. – Л.: Химия, 1987. – 575с.
5. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1973. – 754с.
6. Рамм, В.М. Абсорбция газов [Текст] / В.М. Рамм. – М.: Химия, 1976. – 655 с.
7. Рамм, В.М. Абсорбция газов [Текст] / В.М. Рамм. – М.: Химия, 1966. – 767 с.
8. Дитнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию [Текст] / Ю.И. Дитнерский. – М.: Химия, 1991. – 496 с.
9. Дитнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для химико-технологических специальностей [Текст] / Ю.И. Дитнерский. – В2 ч. ч. 2. -М.: Химия, 1995. – 368 с.
10. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Л.Л. Процеси і апарати хімічної технології [Текст] : Навчальний посібник / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О.П. ГОБЛІНСЬКА, В.О. ЛЕЩЕНКО. – Харків.: НГУ «ХПІ», 2007. – 540 с.
11. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической технологии. [Текст]: Учебник / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Коган. - М.: Химия, 1968. – 874 с.

