

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

(Республіканський міжвідомчий
науково-технічний збірник)

13

6118
X22

УДК 664(04) (082)=83

У збірнику вміщуються матеріали з таких галузей харчової промисловості: цукрової і крохмаленатокової, хлібопекарської і кондитерської, спиртової, пивсварної і дріжджової, виноробної, м'ясо-молочної і консервної.

У статтях висвітлюються питання технології виготовлення харчових продуктів, механізації та автоматизації харчових виробництв, результати досліджень хімічних, мікробіологічних процесів.

Збірник розраховано на працівників харчової промисловості, наукових працівників, а також викладачів та студентів вузів.

Редакційна колегія: Архипович М. О., канд. техн. наук; Білоусов О. П., канд. хім. наук; Бузикін М. О., канд. техн. наук; Дзядзіо О. М., докт. техн. наук; Єгоров О. С., канд. техн. наук; Жура К. Д., канд. техн. наук; Корчинський А. Й., канд. техн. наук; Кузьменко З. М., (відповідальний секретар); Мальський О. М., канд. техн. наук; Мальцев П. М., докт. техн. наук; Міхелев А. А., докт. техн. наук; Попов В. Д., докт. техн. наук; Рибак П. Я., канд. біолог. наук; Ройтер І. М., докт. техн. наук (заст. відповідального редактора); Скобло Д. І., канд. техн. наук; Стабніков В. М., докт. техн. наук (відповідальний редактор); Тобілевич Н. Ю., канд. техн. наук; Циганков П. С., докт. техн. наук (заст. відповідального редактора).

Редакція міжвідомчих науково-технічних збірників
Завідуючий редакцією інж. Л. П. Уманська

8-17-1
280-71M

І. Ф. МАЛЕЖИК, канд. техн. наук
В. О. ЧЕРНИШ, інж.

ВИВЧЕННЯ ГІДРАВЛІКИ КЛАПАННИХ ТАРІЛОК З ПОЧАТКОВИМ ЗАЗОРОМ КЛАПАНА

Протягом останніх років клапанні тарілки набули широкого застосування в ректифікаційних та абсорбційних апаратах різних галузей вітчизняної та зарубіжної промисловості. Щоб запобігти прилипанню клапанів до тарілки, а також зменшити вплив сил поверхневого натягу, коли тарілки вступають в роботу, клапани часто виготовляють із спеціальними упорами, які забезпечують початковий зазор між клапаном та площиною тарілки при опущеному клапані.

Для вивчення гідравліки клапанних тарілок з початковим зазором клапана і одержання необхідних розрахункових рівнянь були проведені дослідні на гідравлічному стенді.

Дослідження проводились на системі повітря—вода в колоні діаметром 300 мм з оргскла. Швидкість повітря змінювалась у межах 0,3—2 м/сек.

| № тарілки | Тип тарілки | Кількість клапанів, шт. | Вага одного клапана, г | Діаметр отворів у тарілці, мм | Відстань між тарілками, мм | Товщина клапанів, мм | Максимальна висота підйому клапана, мм |
|-----------|---|-------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| 1 | Тарілка з круглими клапанами з відігнутими донизу зубчастими краями | 10 | 26,5 | 36 | 300 | 2 | 7 |
| 2 | Те саме | 10 | 26,5 | 36 | 200 | 2 | 7 |
| 3 | » » | 7 | 32 | 40 | 300 | 2 | 7 |
| 4 | » » | 7 | 41 | 40 | 300 | 2,5 | 7 |
| 5 | » » | 7 | 32 | 40 | 200 | 2 | 7 |
| 6 | Тарілка з круглими клапанами з упорами для створення початкового зазора | 10 | 19 | 36 | 200 | 1,5 | 7 |
| 7 | Те саме | 10 | 19 | 36 | 300 | 1,5 | 7 |
| 8 | » » | 10 | 19 | 36 | 200 | 1,5 | 5 |
| 9 | » » | 10 | 19 | 36 | 300 | 1,5 | 5 |

густота зрошення становила $4 \div 26 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Висота зливної перегородки в досліді була 40 мм, переливної — 70 мм.

Клапани виготовлялися з листової міді різної товщини для зміни їх маси.

Було спроектовано і виготовлено кілька модифікацій клапанних тарілок, характеристику яких наведено в таблиці. Від використовуваних раніш клапанних тарілок [1] вони відрізнялись наявністю початкового зазора при опущеному положенні клапана і більш рівномірним розташуванням клапанів на тарілці. Одну з конструкцій досліджуваних тарілок наведено на рис. 1.

Витрату рідини вимірювали ротаметром, витрату повітря — діафрагмою, гідравлічний опір тарілки — дифманометром. Висота газорідного шару на тарілці фіксувалась за міліметровою шкалою, причому покази знімались при стабільному режимі роботи тарілки.

У дослідях вивчали: вплив маси клапана, діаметра отвору і максимальної висоти підняття клапана на рівномірність роботи тарілки; швидкість повітря, при якій усі клапани досягають максимальної висоти підйому; виведення рідини з клапанних тарілок.

Дослідження показали, що завдяки початковому зазору клапани включаються в роботу більш плавно, без різкого збільшення опору в момент відривання від тарілки.

Провалювання рідини через тарілку при величині початкового зазора між клапаном і тарілкою 1—2 мм практично припинялось при швидкості повітря у вільному перерізі колонні близько 0,3 м/сек. Таким чином, зменшення к. к. д. тарілки через провалювання рідини в області зміни навантажень, що практично нас цікавить, виключається.

Імовірність одночасного включення в роботу всіх клапанів, а отже, і рівномірність роботи клапанної тарілки, збільшувалась із збільшенням маси клапана. Проте збільшення маси клапана веде до підвищення гідравлічного опору тарілки. Тому на підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що оптимальній масі клапана відповідає клапан, виготовлений з міді (або нержавіючої сталі) завтовшки 2 мм.

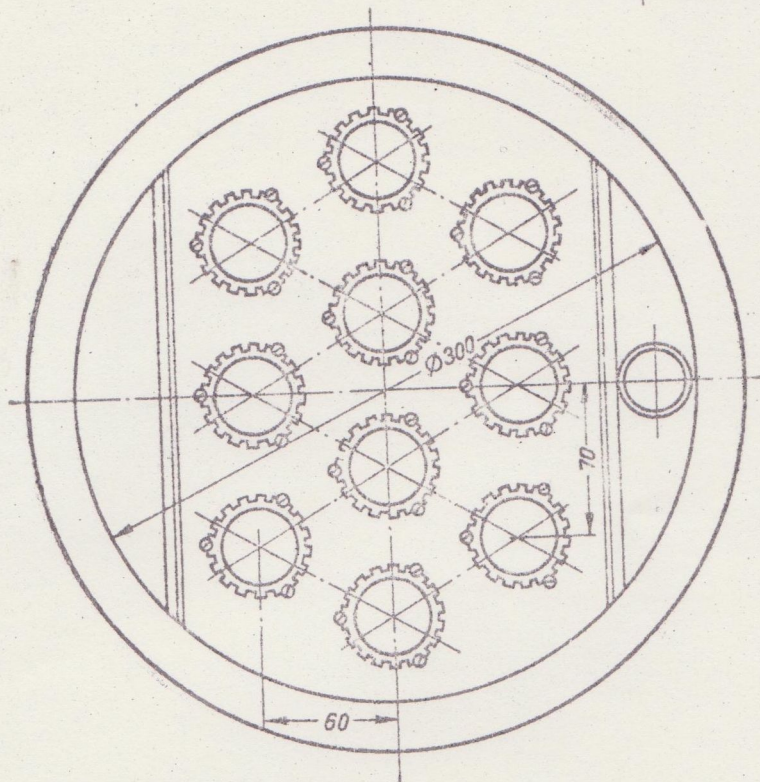
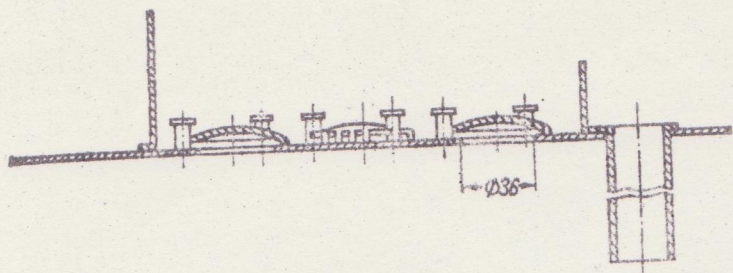


Рис. 1. Клапанна терілка з загнутими зубцями по краях клапана для утворення початкового зазора.

Залежність гідравлічного опору клапанної тарілки від швидкості повітря можна поділити на три області (рис. 2). Перша з них відповідає нижньому положенню клапанів, коли повітря проходить тільки через початковий зазор між клапаном і тарілкою. Гідравлічний опір при цьому пропорціональний квадрату швидкості газу в отворах тарілки.

Друга область починається з піднімання клапанів і закінчується при їх максимальному відкритті. Оскільки із збільшенням витрати газу в цій області збільшується площа перерізу для проходження газу, то швидкість повітря в зазорі під клапаном залишається приблизно сталою. Тому гідравлічний опір тарілки до моменту, коли всі клапани досягнуть максимального підйому, також майже сталий.

Третя область відповідає швидкості газу (пари) при повному відкритті клапанів. При таких швидкостях гідравлічний опір тарілки підвищується пропорціонально квадрату швидкості.

На величину розглянутих областей роботи клапанних тарілок можна впливати, змінюючи початковий зазор, максимальний підйом клапанів і їх масу.

Оскільки перша область роботи тарілки характеризує тільки момент пуску колони, то практичний інтерес становить визначення гідравлічного опору тільки в другій і третій областях.

В результаті обробки дослідних даних виведено таку емпіричну залежність для визначення опору сухих клапанних тарілок при режимі роботи, який відповідає другій області:

$$\Delta p_c = 0,715 \cdot \frac{m_{\text{кг}} g}{f_0} + 1,05 \cdot \frac{\omega_0^2 \rho_{\text{Г}}}{2}, \quad (1)$$

де Δp_c — гідравлічний опір сухої тарілки, н/м^2 , $m_{\text{кг}}$ — маса клапана, кг ; g — прискорення сили тяжіння, м/сек^2 ; f_0 — площа отвору в тарілці під клапаном, м^2 ; ω_0 — швидкість повітря в отворах тарілки, м/сек ; $\rho_{\text{Г}}$ — густина повітря, кг/м^3 .

Перевірка показала задовільний збіг дослідних значень величини Δp_c з обчисленими за рівнянням (1).

Для визначення гідравлічного опору сухих клапанних тарілок під час роботи в третій області, тобто при повністю відкритих клапанах, одержано такі рівняння:

1) при незмінному значенні максимальної висоти підйому клапана h і змінному значенні діаметра отвору під клапаном d_0

$$\Delta p_c = 157 \left(\frac{h}{d_0} \right)^{2,2} \frac{\omega_0^2 \rho_{\text{Г}}}{2} \text{н/м}^2; \quad (2)$$

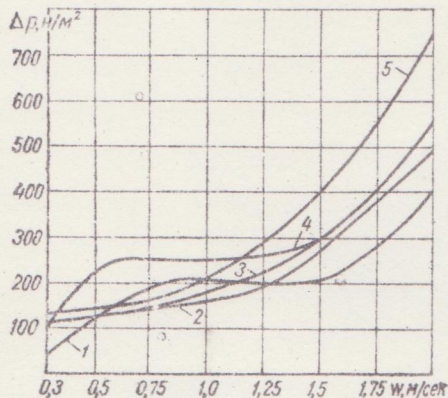


Рис. 2. Залежність опору сухих клапанних тарілок від швидкості повітря у вільному перерізі колони: криві 1, 2, 3, 4, 5 — відповідають номерам тарілок 1, 6, 3, 4, 8 у таблиці.

2) при незмінному значенні діаметра отвору під клапаном і змінному значенні максимальної висоти підйому клапана

$$\Delta p_c = 0,585 \left(\frac{h}{d_0} \right)^{-1,2} \frac{\omega_{0,гр}^2 \rho_{гр}}{2} \text{ н/м}^2. \quad (3)$$

Привірюючи праві частини формул (1) і (2) або формули (3), можна знайти граничну швидкість газу $\omega_{0,гр}$, при якій клапан досягає максимальної висоти підйому. Граничну швидкість газу в отворах тарілки можна також визначити з рівняння

$$\omega_{0,гр} = 248 \left(\frac{F_0}{F_T} \right)^{0,238} \left(\frac{h m_{\kappa}}{d_0 \rho_{гр}} \right)^{0,5}, \quad (4)$$

де F_0 — сумарна площа отворів у тарілці, м^2 ; F_T — площа тарілки, м^2 .

Величині $\omega_{0,гр}$ надається великого значення, оскільки швидкість газу (пари), при якій повністю відкриті всі клапани, використовується для визначення діаметра колони.

Зміну опору зрошуваних тарілок залежно від швидкості повітря показано на рис. 3. Опір тарілок у широкій області зміни навантажень по газу залишається майже незмінним і збільшується тільки після повного відкриття всіх клапанів. Із збільшенням густоти зрошення опір тарілок збільшується. Це пояснюється тим, що збільшення густоти зрошення спричинює підвищення висоти газорідного шару на тарілці.

Опір газорідного шару Δp_p у дослідях визначали з рівняння

$$\Delta p_p = \Delta p - \Delta p_c, \quad (5)$$

де Δp — загальний опір зрошуваної клапанної тарілки, н/м^2 .

Опір, обумовлений поверхневим натягом рідини, в рівнянні (5) відсутній, оскільки через малу величину ним можна знехтувати.

Знаючи з дослідів значення Δp та Δp_c за рівнянням (5) легко визначити величину Δp_p . Виявилося, що значення Δp_p , знайдене за дослідними даними, дуже близьке до величин Δp_p , обчислених за формулою, яку запропонував К. Хонне [2]:

$$\Delta p_p = 0,3 \left(\frac{F_0}{F_T} \right)^{-0,25} h_0^{0,85} L^{0,35} g \text{ н/м}^2, \quad (6)$$

де h_0 — висота зливної перегородки, мм ; L — густина зрошення, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Опір газорідного шару можна також визначити за рівнянням

$$\Delta p_p = 4,42 h_0 - 21,4 \left(\frac{V}{l} \right)^{2/3} \text{ н/м}^2, \quad (7)$$

де V — витрата рідини, $\text{м}^3/\text{год}$; l — довжина зливної перегородки, м .

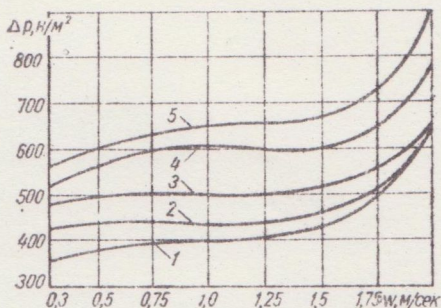


Рис. 3. Залежність опору тарілки № 1 від швидкості повітря при різних густотах зрошення, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$:

1 — 4,3; 2 — 10; 3 — 15,3; 4 — 20; 5 — 26,4.

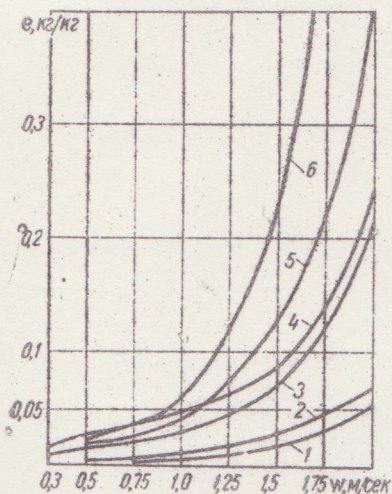


Рис. 4. Залежність відносного винесення рідини з клапанних тарілок від швидкості повітря у вільному перерізі колони при густоті зрошення $10 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$:

1, 2, 3, 4, 5, 6 — відповідають номерам тарілок 1, 7, 2, 6, 8, 5 у таблиці.

Величину винесення рідини з клапанних тарілок визначали так: Рідину, що йде на зрошення, спрямовували безпосередньо на досліджувану тарілку. Над нею установлювали тарілку з добре прилягаючими круглими клапанамі без початкового зазора. Ця тарілка не мала зливної і переливної перегородки та зливного стакана і добре вловлювала рідину, що її виносить повітря. Затримана тарілкою рідина гумовим шлангом надходила в мірну колбу. За часом проведення досліду, витратою повітря і кількістю винесеної рідини визначали відносне її винесення при двох відстанях між тарілками: 200 і 300 мм.

Результати дослідів при густоті зрошення $10 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ наведено на рис. 4. Встановлено, що відносне винесення рідини із збільшенням швидкості повітря до 1 м/сек , незалежно від відстані між тарілками, підвищується небагато. З підвищенням швидкості понад 1 м/сек при відстані між тарілками 200 мм винесення швидко зростає. При відстані 300 мм у межах розглянутої зміни швидкостей повітря винесення незначне. Із збільшенням максимальної висоти підняття клапанів винесення рідини зменшується.

В результаті обробки дослідних даних виведено таке рівняння:

$$e = 3,55 \cdot 10^7 \cdot 10^{0,105w} \cdot H^{-3,87} h^{-0,85} \quad (8)$$

де e — відносне винесення рідини, кг рідини на 1 кг повітря; H — відстань між тарілками, мм; h — максимальна висота підняття клапана, мм.

Література

1. Малєжик І. Ф., Стабніков В. Н. Исследование гидродинамики клапанных тарелок. — У зб.: «Труды КТИПП». Вып. 22, Киев, изд-во КГУ, 1960.
2. Hoppe K. Druckverlust und Stoffaustausch in Ventilböden. Chem. Ingr. Techn., 39, 1967, № 11.

Надійшла 15 квітня 1970 р.