

Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України

**ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
СПИРТУ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ ПРОДОВОЛЬЧИХ
ПРОДУКТІВ»**

ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод»



МАТЕРІАЛИ

**Міжнародної науково-практичної конференції:
«БІОТЕХНОЛОГІЇ ПРОДОВОЛЬЧИХ
ПРОДУКТІВ: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ»
з нагоди 80 – річниці ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод»**

КИЇВ - 2025

9	ВИКОРИСТАННЯ НАНОЦЕЛЮЛОЗНО-КРОХМАЛЬНОЇ ПРЕБІОТИЧНОЇ МАТРИЦІ ЯК НОСІЯ ПРОБІОТИКІВ У СИНБІОТИЧНИХ КОМПОЗИЦІЯХ <i>Капрельяни Л.В., Білик О.А.</i>	36
10	ВПЛИВ СУМІШІ ПРОРОЩЕНИХ ЗЕРЕН НА НАКОПИЧЕННЯ ДЕКСТРИНІВ В ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБАХ <i>Бурченко Л.М., Білик О.А.</i>	39
11	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ПШЕНИЧНО-ЖИТНЬОГО ХЛІБА <i>Богачов Ю.В., Білик О.А.</i>	42
12	ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НУТОВОЇ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА <i>Годунко Є.В., Бондаренко Ю.В.</i>	45
13	СУЧАСНИЙ СТАН ТА НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСНИХ ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ЦУКРОВОГО УТФЕЛЮ <i>Мельник С.О., Пилипець О.М.</i>	48
14	ШЛЯХИ ВИРІВНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОЇВ ПО ВИСОТІ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ <i>Булій Ю.В., Бондар М.В.</i>	50
15	ВИКОРИСТАННЯ ПРОВАЛЬНИХ ТАРІЛОК В РЕЖИМІ ЦИКЛІЧНОЇ РЕКТИФІКАЦІЇ <i>Булій Ю.В., Присяженюк А.А.</i>	52
16	ХАРЧОВА ДОБАВКА З КЛІТКОВИНИ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИН <i>Вільгота Ю.С., Попова І.В., Гудзенко М.М.</i>	55

**ВИКОРИСТАННЯ ПРОВАЛЬНИХ ТАРІЛОК В РЕЖИМІ
ЦИКЛІЧНОЇ РЕКТИФІКАЦІЇ**

Булій Ю.В., канд. техн. наук, доцент, Присяжнюк А.А., магістрант

Національний університет харчових технологій, Київ

В зв'язку із зростаючими цінами на енергоносії в останні роки в Україні значно зріс інтерес до вивчення циклічних способів ректифікації. Їх використання дає можливість підвищити ефективність масообміну між рідиною і паром та суттєво зменшити енерговитрати в процесі розділення багатокомпонентних сумішей в брагоректифікаційних установках (БРУ) [1].

Інноваційний спосіб передбачає оснащення колонного обладнання БРУ провальними тарілками (сітчастими, лускоподібними, дірчастими, рейчастими, трубчастими, хвилястими та ін.) та подовження часу перебування рідини на їх полотні (інтервалу контакту пари і рідини) для досягнення стану фаз, близького до рівноважного. Гідродинамічний режим роботи таких тарілок залежить від швидкості пари в їх отворах. Робота тарілок в циклічному режимі відбувається таким чином, що в період масообміну рідина утримується на їх полотні, а в період переливу проливається через всі отвори [2].

Метою роботи було визначення оптимальних гідродинамічних режимів роботи сітчастих і лускоподібних провальних тарілок в циклічному режимі ректифікації, а саме діапазону гранично допустимих (критичних) значень швидкості пари у вільному перерізі ректифікаційної колони і отворах тарілок.

На першому етапі дослідження проводили в системі вода-повітря на лабораторній установці, оснащій сітчастими тарілками. Технічні характеристики установки: діаметр колони – 300 мм; кількість тарілок – 5; відстань між тарілками – 300 мм; діаметр барботажних отворів – 2,4 мм; вільний переріз колони – 2,6 %; висота шару рідини – 35 мм. Витрати повітря змінювали в інтервалі 1-15 дм³/с, що відповідало зміні швидкості в отворах від 1,5 до 10 м/с. Щільність зрошення становила 4-11 м³/м²·год.

Критичну швидкість повітря в отворах (V_{np}), за якої розпочиналось проливання рідини, та лінійну його швидкість у вільному перерізі колони ($V_{лін}$), за якої проливання рідини в отворах припинялося, знаходили за формулою:

$$v_{\min} = \frac{1}{3} \cdot \frac{S_o}{S_{роб}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \rho_x \cdot h_o}{\xi \cdot \rho_y}}, \quad (1)$$

де V_{\min} – мінімальна швидкість повітря, віднесена до вільного перерізу тарілки (дм³/год); S_o – сумарна площа всіх отворів (м²); $S_{роб}$ – поперечний переріз тарілки (м²); g – прискорення вільного падіння (м/с²); ρ_x – щільність рідини (кг/м³); h_o – висота шару рідини на тарілці; ξ – коефіцієнт опору сухої тарілки; ρ_y – щільність повітря (кг/м³).

Визначено, що $V_{np} = 5,4$ м/с; $V_{лін} = 0,25$ м/с. Швидкість повітря в отворах, при якій спостерігався бризковиніс рідини, $V_{бр} = 8$ м/с; при цьому $V_{лін} = 0,7$ м/с. Гранично допустиму швидкість повітря розраховували за формулою:

$$v_{бр} = K_1 \cdot K_2 \cdot \left(\frac{\sigma}{20}\right)^{0,2} \cdot \sqrt{\frac{\rho_x - \rho_y}{\rho_y} \cdot \frac{S_{сеп}}{S_o}}, \quad (2)$$

де σ – поверхневий натяг (мН/м); ρ_y – щільність повітря (кг/м³); $S_{сеп}$ – поперечний переріз сепараційного простору (м²); для сітчастих тарілок приймаємо $K_1 = 0,207$; $K_2 = 0,225$.

Максимальну робочу швидкість визначали за формулою:

$$v_{\max}^{роб} = 0,8 \cdot v_{вин}. \quad (3)$$

Відносну величину бризковиносу (e) розраховували за рівнянням:

$$e \cdot 10^2 = 0,014 \cdot \left(\frac{v}{H}\right)^{2,56}; \quad (4)$$

де e – відносна величина бризковиносу (не перевищувала 0,01 кг рідини на 1 кг повітря); v – швидкість повітря у вільному перерізі колони (м/с); H – висота сепараційного простору (м). Рівняння (4) перевірено в межах зміни комплексу $(v/H) = 3,5-32$ при $H \leq 300$ мм.

На другому етапі досліджували режими роботи лускоподібних тарілок. Площа перерізу отворів лусок становила 19,42 мм²; щільність зрошення 5-15

м³/м²·год. Експериментально доведено, що мінімальна швидкість повітря (V_{\min}) в отворах лусок, нижче якої відбувалось проливання рідини через отвори, становила 6,5-7,0 м/с. Значення (V_{\min}) розраховували за формулою:

$$V_{\min} = 0,185 \cdot \sqrt{\frac{\rho_p - \rho_e}{\rho_e}} \cdot F \cdot (1 - \tau); \quad (5)$$

де ρ_p і ρ_e – щільність рідини і повітря (кг/м³); F – доля вільного перерізу тарілки (м²/м²); τ – доля вільного перерізу тарілки, зайнятої рідиною, (м²/м²).

Швидкість повітря (V_{\max}), при якій розпочиналось винесення рідини на верхні тарілки, становила 1,3-1,5 м/с. Її значення розраховували за формулою:

$$V_{\max} = 0,416 \cdot \sqrt{\frac{\rho_p - \rho_e}{\rho_e}} \cdot F \cdot (1 - \tau); \quad (6)$$

Відносну величину бризковиносу рідини (e) визначали за формулою:

$$e \cdot 10^3 = 0,933 \cdot 10^{-6} \cdot V_{\text{отв}}^{5,67} \cdot L^{0,4}; \quad (7)$$

де $V_{\text{отв}}$ – швидкість повітря в отворах лусок (м/с); L – навантаження по рідині (м³/м²·год).

Експериментально встановлено: в барботажному режимі $V_{\text{літ}} = 0,5-0,9$ м/с, перехідному 0,9-1,3 м/с і струменевому 1,3-2,0 м/с; верхня критична швидкість в отворах лусок становить 16 м/с; відносна величина бризковиносу в режимі стійкої роботи тарілки в струменевому режимі не перевищувала 0,2 кг/кг повітря, в барботажному – 0,1 кг/кг. Для інтенсивного переливу рідини через отвори тарілок швидкість повітря в них не повинна перевищувати 1,5-1 м/с.

Висновок. Визначені гранично допустимі значення швидкості повітря для стійкої роботи сітчастих і лускоподібних тарілок в циклічному режимі ректифікації, які узгоджуються із розрахунковими.

Література

1. Bulii Yu. (2024), Improvement of alcohol distillation plant operation, *Ukrainian Food Journal*, 13(4), PP.675-693. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2024-13-4-4>
2. Масообмінна контактна тарілка: пат 136561 Україна: МПК (2006) D01D 3/30 (2006.01). № 201902122; заявл. 01.03.19; опубл. 27.08.19, Бюл. № 16/2019. 4 с.