

МОДЕЛЮВАННЯ ФАЗОВОЇ РІВНОВАГИ ПРИ РЕКТИФІКАЦІЇ СУМІШІ ЕТАНОЛ—ВОДА І РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОЇВ У РЕКТИФІКАЦІЙНІЙ КОЛОНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗНАЧЕННЯ ФЛЕГМОВОГО ЧИСЛА

Розрахунок ректифікаційної колони спиртового заводу є не просто інженерною задачею. Це необхідний і обов'язковий захід при проектуванні та подальшій експлуатації нового обладнання.

До цього часу дослідники користувалися табличними даними фазової рівноваги між рідиною і паром водно-спиртової суміші для розрахунку контактних пристроїв ректифікаційних колон (РК) [1]. Настав час перевірити достовірність кривої фазової рівноваги і, використовуючи великі можливості ЕОМ, запропонувати рівняння для її розрахунку за допомогою програми Table Curve 2D.

Автори запропонували два емпіричних рівняння:

$$y = \frac{1}{a + bx^{1.5} + c/x}, \quad (1)$$

де $a = 0,015130852$; $b = -0,00000159907$; $c = 0,076465132$;

$$y = a + bx + cx^{1.5} + dx^{0.5} + e/x, \quad (2)$$

де $a = -56,344742$; $b = -5,8091226$; $c = 0,3140708$; $d = 42,025344$; $e = 191,37717$; x — молярна частка етанолу в рідині, %; y — молярна частка етанолу в парі, %.

Перше рівняння описує криву фазової рівноваги в діапазоні молярних часток 0,004...31,47 %, друге — від 16,77 до 89,41 %. Такий підхід пояснюємо тим, що в зоні тарілки живлення можуть відбуватися деякі зміни, які мають вплив на стабільність роботи колони. Наприклад, молярна частка і температура епюрату можуть змінюватися, тому ми уточнюємо розрахунок в зоні тарілки живлення (діапазон 16,77...31,47 %). На рис. 1 показано криву фазової рівноваги, що побудована у цій зоні за запропонованими рівняннями (1) і (2) і накладається на криву фазової рівноваги, що побудована за табличними даними.

Точність розрахунків з використанням рівнянь (1) і (2) становить 0,49 % порівняно з кривою, побудованою за табличними даними, що дає можливість використовувати ці рівняння при побудові кривої фазової рівноваги суміші

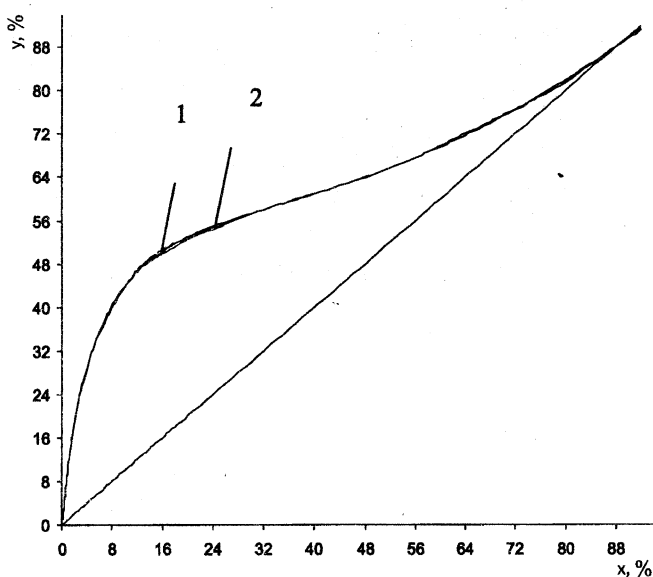


Рис. 1. Криві фазової рівноваги суміші етанол—вода, що побудовані: 1 — за рівняннями (1) і (2); 2 — за табличними даними

етанол—вода. Вони прості, тому розрахунки можна виконувати за допомогою калькуляторів.

Одним із важливих напрямів використання кривої фазової рівноваги є розрахунок кількості контактних пристроїв РК. Існує кілька методів цього розрахунку. Але для порівняння ми взяли метод розрахунку "від тарілки до тарілки" з такими вихідними даними: флегмове число $V = 4$; молярна частка спирту в епюраті $x_e = 26$ %; молярна частка етанолу в дистилаті $x_d = 86,25$ %; молярна частка етанолу в кубовому залишку $x_s = 0,0047$ %.

Рівняння робочої лінії:
для відгінної частини РК

$$y = \frac{L}{G}(x - x_o),$$

для концентраційної частини РК

$$y = \frac{V}{V+1}x + \frac{x_d}{V+1},$$

де $\frac{L}{G} = \frac{x_d + Vx_e}{(V+1)x_e}$; L — кількість рідкого потоку, кмоль; G — кількість парового потоку, кмоль.

Як видно з рис. 2, кількість п контактних пристроїв, які ми розраховували за нашими аналітичними рівняннями (1) і (2) при флегмовому числі $V = 4$, у відгінній частині РК дорівнює 5, у концентраційній — 21. Всього 26 тарілок.

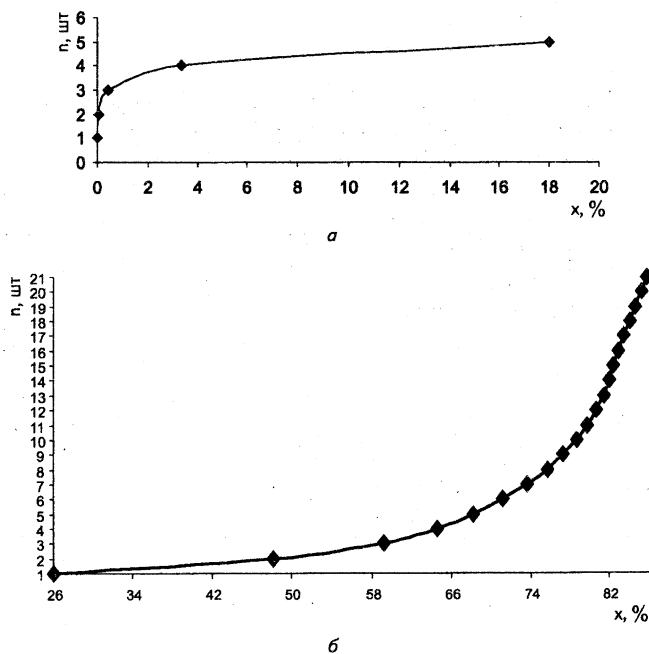


Рис. 2. Розподіл етанолу в рідкій фазі по висоті відгінної (а) і концентраційної (б) частин РК при флегмовому числі $V = 4$

Щоб переконатися в достовірності отриманих результатів, автори розраховували кількість контактних пристроїв графічним методом, як це показано на рис. 3

Ця кількість тарілок збігається з кількістю контактних пристроїв, розрахованих методом "від тарілки до тарілки". Це підтверджує доцільність використання запропонованих рівнянь (1) і (2). Щоб визначити дійсну кількість

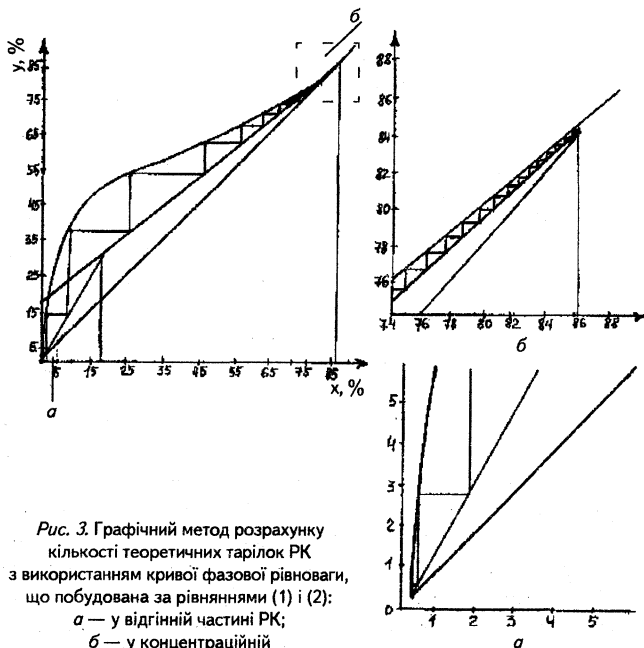


Рис. 3. Графічний метод розрахунку кількості теоретичних тарілок РК з використанням кривої фазової рівноваги, що побудована за рівняннями (1) і (2): а — у відгінній частині РК; б — у концентраційній

тарілок, треба теоретичну кількість їх поділити на коефіцієнт корисної дії. Від правильності розрахунків кількості тарілок залежить якість і міцність отриманого етилового спирту у виробничих умовах, а також енерговитрати, що впливають на собівартість готового продукту — спирту.

УДК 663.444; 577.156

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЕКСТРАГУВАННЯ У ПИВОВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Інтенсивність процесів екстрагування цінних речовин зерна і хмелю як основних і найдорожчих видів сировини для пива за своєю глибиною і хімізмом суттєво впливає як на економічні, так і на суто технологічні показники його виробництва. Це насамперед вихід, втрати і рентабельність виробництва при безумовно високій якості готового пива, що забезпечує його конкурентоспроможність у сучасних ринкових умовах.

Кафедрою процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування сумісно з кафедрою біотехнології продуктів бродіння, екстрактів і напоїв та іншими провідними кафедрами університету проведено суттєві теоретичні й практичні дослідження із зазначеного напрямку, які набули і продовжують набувати дедалі ширшого застосування в промисловості.

У процесі екстрагування найважливішу роль відіграють ферменти гідролітичної дії. Вони сприяють вилученню цільових компонентів з клітин рослинної сировини, каталізують розщеплення і переведення у розчинний стан структурних компонентів клітини з подальшим екстрагуванням їх у розчин. Їхня активність залежить від створення певних умов для їх оптимальної дії.

З використанням сучасних методик планування та математичної статистики експериментально встановлено оптимальні умови підготовки ферментних препаратів (ФП) до приготування суслу. Це дало змогу суттєво знизити витрати цінних специфічних матеріалів, на 30...35 % інтенсифікувати процес руйнування цитоплазми клітин і проникнення розчину в пори частинок рослинної сировини [4].

Крім кількості тарілок, отримані результати дають змогу визначити розподіл етилового спирту по висоті РК. Аналізуючи графіки на рис. 2, можна з максимальною точністю визначити молярну частку етанолу на кожній тарілці, що допоможе встановити зони концентрацій домішок етилового спирту. Адаже за даними авторів праці [2], кожна домішка має свою зону поширення, що характеризується концентрацією етилового спирту. А маючи графіки, подібні до наведених на рис. 2, можна змоделювати процес концентрування і вилучення тих домішок, які погіршують смак етилового спирту і продуктів, що виробляють з нього.

Висновки. Запропоновані аналітичні рівняння з великою точністю описують криву фазової рівноваги бінарної суміші етанол—вода порівняно з кривою фазової рівноваги, що побудована за табличними даними. Кількості тарілок, що розраховані графічним методом і методом “від тарілки до тарілки”, збігаються, і це дає можливість рекомендувати рівняння (1) і (2) для використання при проектуванні ректифікаційних колон спиртової промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. — 336 с.
2. Цыганков П.С., Цыганков С.Л. Виділення спирту із бражки та його очистка. — К.: Глобус, 2000. — 120 с.

Надійшла до редколегії 15.05.02 р.

А.С. Мелетьєв, д-р техн. наук
Н.А. Жестерева, П.М. Немирович,
А.М. Матиящук, кандидати техн. наук

Такої мети можна досягти також за умов попереднього обвалювання несолоджененого ячменю з відділенням 8...10 % маси зерна [3], а також використання в процесі затирання цитолітичного ФП целокандин ГЗх, що дає можливість збільшити вихід цінних екстрактивних речовин із зернової сировини на 1,5...2,5 %.

Досліджено можливості застосування сучасних пристроїв і методів для високоефективної обробки водно-зернових суспензій за допомогою ультразвуку, які не тільки тонко подрібнюють зернопродукти, але і руйнують структурні молекулярні компоненти самої клітини. Глибоке диспергування за допомогою ультразвуку на хімічному активаторі типу УПХА-Р-18 Таллінського заводу ім. В. Лаурістіна дало можливість збільшити вихід цільового продукту на 1,0...1,5 % при одночасному зниженні до 50 % витрат ферментних препаратів і поліпшенні складу пивного суслу.

Суттєві теоретичні результати досягнуто при застосуванні методики інтервальних досліджень процесів дифузії школи В.М. Лисянського і його учнів О.В. Стратієнка та інших. Досліджено характер дифузії екстрактивних речовин всередині і зовні твердої фази пивних заторів [2]. Встановлено, що коефіцієнт дифузії D кількісно характеризує як фізико-хімічні властивості твердих часток, так і активність основних гідролізуючих ферментів. Експериментально визначено межі коливань D від $0,24 \cdot 10^{-12}$ до $0,11 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ на різних етапах приготування заторів. Мінімальне значення D характеризує процес оброблення зернопродуктів при 45°C , а максимальне — в інтервалі температур $52...63^\circ\text{C}$. Характер зміни D відповідає температурним оптимумам ферментолізу і характеризує ступінь впливу інших неферментативних факторів на масопереене-