УДК 663.55

М.Милик, канд. техн. наук
Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛА КОНТАКТІВ (ЧИСЛА ТЕОРЕТИЧНИХ ТАРІЛОК) В РЕКТИФІКАЦІЙНИХ КОЛОНАХ УСТАНОВКИ ПРЯМОЇ ДІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РЕКТИФІКОВАНОГО СПИРТУ

Розглянуто процес попередньої епюрації бражки, що призводить до видалення найбільш характерних головних та проміжних домішок, і цим самим підвищується якість ректифікованого спирту.

Постановка проблеми. Економія енергоресурсів є важливою задачею економіки України. Так, зокрема, в харчовій промисловості при виробництві етилового спирту значна частина енергозатрат стосується лише самої його ректифікації. Якщо на виробництво етилового спирту в установках непрямої дії, якими оснащені заводи України, витрати пари становлять 70...75 кГ/дал, то в установках прямої дії вони становлять 40...45 кГ/дал [1,2].

Аналіз останніх досліджень. Установка прямої дії для виробницва етилового спирту була запропонована авторським колективом Київського національного університету харчових технологій під керівництвом проф. Циганкова П.С., виготовлена і змонтована на Хоростківському спиртовому заводі [1,2]. Промислові випробування та наукові дослідження відображенні у працях [3-7].

Основна частина. При розрахунках та аналізах роботи ректифікаційних колон установки прямої дії необхідно мати дані про кількість тарілок та концентрацію на них спирту, бо від концентрації залежать коефіцієнти випаровування домішок, що виділяються в цих колонах, які негативно впливають на якість продукції.

Для вирішення питання про розподіл концентрацій спирту по тарілках колон необхідно побудувати робочі лінії для відгінних та концентраційних частин цих колон.

В першу чергу це треба зробити для епюраційної колони, яка живиться бражкою, що поступає на верхню тарілку її відгінної частини [3].

Рівняння робочої лінії для концентраційної частини епюраційної колони має вигляд:

$$y = \frac{v}{v+1}\,\mathbf{x} + \frac{x_D}{v+1}, \qquad (1)$$

де v – флегмове число;
x – вміст етилового спирту в рідині, мол. %;
x_D – вміст етилового спирту в дистиляті, мол. %;
y – вміст етилового спирту в парі, мол.%.

Флегмовим числом або задаються, або обчислюють за формулою:

$$v = \frac{g-d}{d}, \qquad (2)$$

де g – мольна кількість спиртоводяної пари, що підіймається в колоні, і визначається за формулою:

$$g = \frac{G}{M_{G\,cp.}}, \qquad (3)$$

де G – кількість спиртоводяної пари, що поступає з бражної колони в епюраційну, кГ ;
$M_{G\,cp.}$ – середньомолекулярна маса спиртоводяної суміші;
d – мольна кількість дистиляту, що визначається за формулою:

$$d = \frac{D}{M_{d\,cp.}}, \qquad (4)$$

де D – кількість дистиляту; кГ ;

$M_{d\ cp.}$ – середньомолекулярна маса дистиляту.

Для відгінної частини рівняння робочої лінії має вигляд :

$$x = \frac{v+1}{u+v}y + \frac{u-1}{u+v}x_0, \qquad (5)$$

де $u = \frac{M_A}{D}$, (6)

M_A – мольна кількість бражки;

y - вміст етилового спирту в парі, мол. ?

Побудова робочих ліній за приведеними рівняннями показана на рис.1.

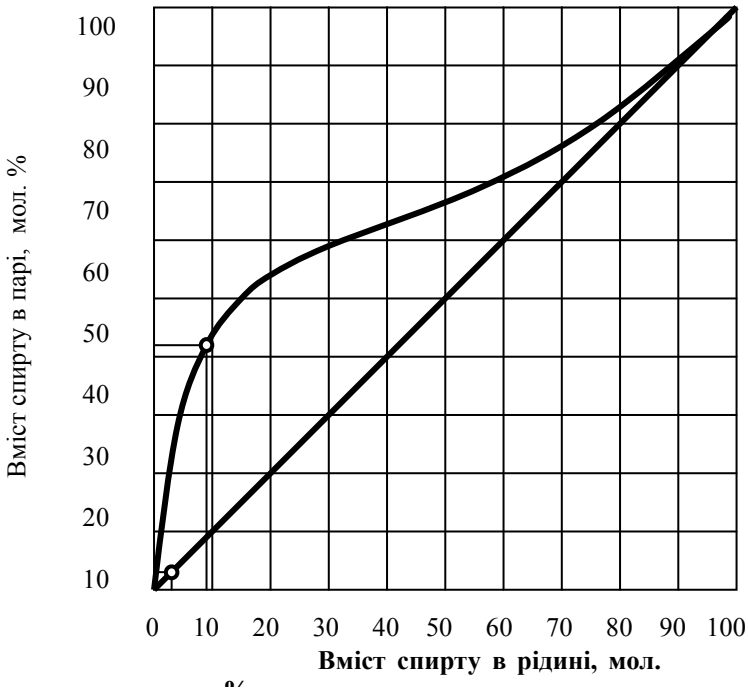

Рис.1. До визначення положення робочих ліній у відгінній частині епюраційної колони

Для визначення концентрацій спирту на тарілках колон необхідно побудувати на діаграмі x-y робочі лінії для обох частин. Для простоти побудови прийнято, що флегмове число колони v=∞ і колона живиться рідиною при температурі кипіння. В такому разі робоча лінія концентраційної частини колони виразиться рівнянням

$$y = x \qquad (7)$$

і співпаде з діагоналлю діаграми.

Провівши побудову теоретичних тарілок для концентраційної частини колони, можна визначити їхній к.к.д. за формулою :

$$\eta_m = \frac{n_m}{n_p}, \qquad (8)$$

де n_m – теоретичне число тарілок ;

$n_{p.}$ - робоче число тарілок.

Так, як в концентраційній частині колони є 10 робочих тарілок, а за побудовою отримано 5 теоретичних, то

$$\eta_m = 0,5.$$

У відгінній частині колони число тарілок прийнято 15.

За графіком (рис.2) визначені концентрації етилового спирту на тарілках колони при флегмовому числі v = 54,5.

На основі результатів, одержаних графоаналітичним методом, побудований графік розподілу концентрацій спирту по висоті епюраційної колони (рис.3) при витратах спиртоводяної пари, що поступає з бражної колони в епюраційну, з розрахунку 1 кг на 1 кг спирту, що вводиться в колону, при чому міцність спиртоводяної пари становить 40 об. %.

Графік розподілу концентрацій спирту по висоті епюраційної колони показує, що практичний характер їхнього розподілу повністю відповідає теоретичній уяві, отриманій на основі графоаналітичного розрахунку.

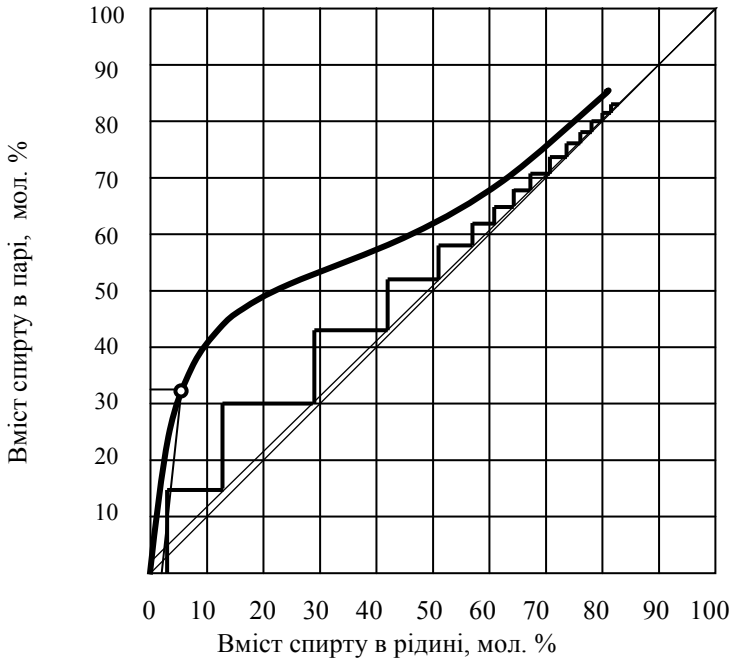

Рис.2. Графік визначення міцності етилового спирту на тарілках епюраційної колони

На відміну від установок непрямої дії в установках прямої дії епюраційна колона більше зв'язана з бражною, так як остання живиться через епюраційну, а епюраційна нагрівається спиртоводяною парою, що піднімається з бражної колони. Розподіл концентрацій спирту по тарілках епюраційної колони є в прямій залежності від концентрації спирту в бражній колоні. Тому у відгінній частині епюраційної колони спостерігається низька міцність спирту. Якщо в установках непрямої дії вона становить 50–70 об.% при температурі 84 – 88 ºС, то в установках прямої дії – біля 10 об.% при температурі 96–98ºС.

Як видно з рис.3, зміна концентрацій спирту на більшості тарілок відгінної частини епюраційної колони незначна. Це вказує на те, що за таких умов збережуться практично сталими значення коефіцієнтів випаровування багатьох домішок на більшості тарілок відгінної частини епюраційної колони, і суміш, що розподіляється, можна розглядати як бінарну, яка складається із спиртоводяного розчину (труднолеткий компонент) і головної домішки (легколеткий компонент).

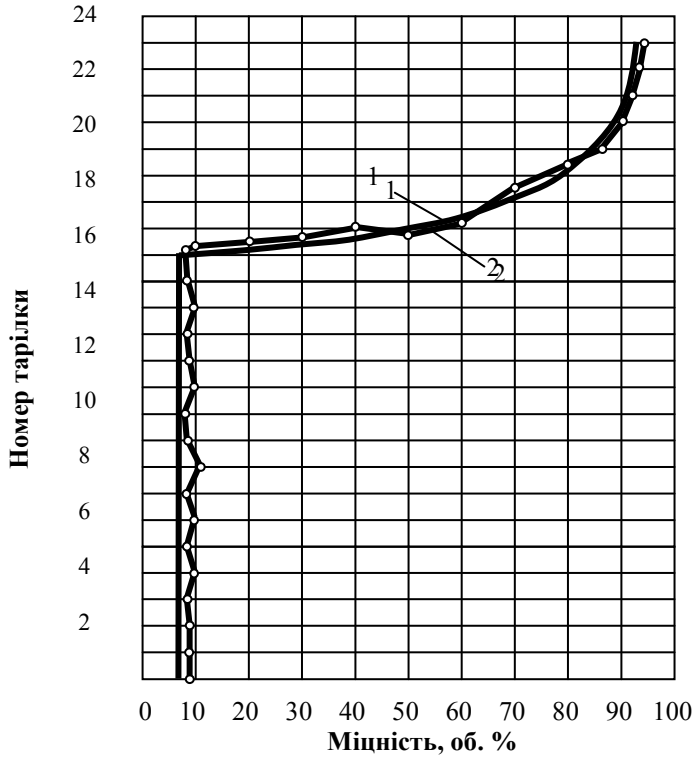

Рис.3. Графік розподілу концентрацій спирту
по висоті епюраційної колони:
1 – розрахункові дані; 2 – дослідні дані.

Краткість вилучення домішки визначається коефіцієнтом її випаровуння питомою витратою пари, концентрацією спирту в початковому продукті та числом тарілок у відгінній частині колони

$$\frac{\alpha_c}{\alpha_o} = f(\tfrac{RG}{L}, n), \qquad (9)$$

де $\frac{\alpha_c}{\alpha_o}$ - кратність вилучення домішки ;

K – коефіцієнт випаровування домішки ;

G – величина парового потоку, моль ;

L – величина рідинного потоку, моль ;

n – число тарілок.

У відгінній частині епюраційної колони виділяються і концентруються в її концентраційній частині головні домішки, які володіють більшою леткістю, тобто більшим коефіцієнтом випаровування, ніж етиловий спирт. До них відносяться основні представники : оцтовий і масляний альдегіди, мурашиноетиловий та оцтоетиловий ефіри. Вони завжди мають більшу леткість, ніж етиловий спирт, при всіх його концентраціях в розчині.

Проміжні домішки, до яких відносяться ізоаміловий, ізобутиловий та пропиловий спирти, що є основою сивушного масла, володіють двоякими властивостями : при високих міцностях спирту вони набувають характеру хвостових домішок, а при низьких – головних.

В даному випадку, при міцності спирту до 10 об.% , вони поводять себе як головні домішки, тобто виділяються в відгінній частині колони при високих коефіцієнтах випаровування і концентруються на нижніх тарілках концентраційної частини епюраційної колони.

Висновки. Проведений аналіз доводить доцільність виводу фракції, збагаченої сивушним маслом, з нижніх тарілок концентраційної частини епюраційної колони, а це

в свою чергу зменшує його концентрацію в зоні відбору ректифікованого спирту в ректифікаційній колоні установки.

While calculating and analyzing the operation of the rectified colomns of the direct installation it is necessary possess data on the plates number and the alcohol concentration on them, because admixtures evaporation coefficients, which appear in these colomns, depend on the concentration.

Література

1. Цыганков П.С., Мылык М.П., Слива Ю.Д., Носенко В.А. Брагоректификационная установка непрерывного действия. А.с. СССР №441277.
2. Цыганков П.С., Мылык М.П., Слива Ю.Д., Носенко В.А. Брагоректификационная установка системы КТИПП // Ферментная и спиртовая промышленность. – 1973.–№ 7.– С.13 – 16.
3. Мылык М.П., Цыганков П.С. Движение примесей в эпюрационной колонне брагоректификационной установки прямого действия // Известия вузов. Пищевая технология. – 1972. – № 6, – С.148 – 150.
4. Цыганков П.С., Мылык М.П. Установка для получения спирта - ректификата. А.с. СССР № 411126.
5. Цыганков П.С., Мылык М.П. Установка непрерывного действия для получения ректификованного спирта из эфиро-альдегидной фракции. А.с. СССР № 437806.
6. Мылык М.П., Заремба В.К., Цыганков П.С. Распределение высших спиртов в эпюрационной, ректификационной и бражной колоннах брагоректифика –ционной установки прямого действия // Ферментная и спиртовая промышленность. – 1976.-№ 2. – С.18-20.
7. М.Милик. Вплив подачі води в епюраційну колону БРУ прямої дії на виділення головних домішок // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2000. – Том 5. – № 1. – С.122 – 129.

Одержано 14.11.2002 р.