

RESOURCE- SAVING TECHNOLOGY OF RECTIFIED ETHYL ALCOHOL

A. Ukrainets, Y. Buliy, P. Shiyan, A. Kuts

National University of Food Technologies

| | |
|--|---|
| <p>Key words: <i>Rectification</i> <i>Bottom liquid</i> <i>Ethyl alcohol</i> <i>Hydroselection</i> <i>Recycling</i> <i>Impurities</i></p> <hr/> <p>Article history: Received 10.11.2017 Received in revised form 27.11.2017 Accepted 21.12.2017</p> <hr/> <p>Corresponding author: A. Ukrainets E-mail: npnuht@ukr.net</p> | <p>ABSTRACT</p> <p>The technology of rectified ethyl alcohol, which allows to increase the separation efficiency main, part of intermediate and final impurities of alcohol in distillation and rectification plants with minimal water consumption for hydroselection. A hardware-technological scheme of the distillation plant is presented, in accordance with which to conduct hydroselection there is recycling of the bottom liquid of the column for extractive distillation in acceleration column, bottom liquid of acceleration column is in epuration column, and bottoms liquid of alcohol column is in the column for extractive distillation. Studies of the effect of the proposed technology in the production medium are conducted. It is established that its use allows to reduce specific consumption of softened water and energy consumption for heating by up to 80% in comparison with the standard schemes of distillation and rectification plants.</p> |
| <p>DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-6-27</p> | |

РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ РЕКТИФІКОВАНОГО ЕТИЛОВОГО СПИРТУ

А.І. Українець, Ю.В. Булій, П.Л. Шиян, А.М. Куц

Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано технологію ректифікованого етилового спирту, що дає змогу підвищити ефективність видалення головних, частини проміжних і кінцевих домішок спирту в брагоректифікаційних установках з мінімальними витратами води на гідроселекцію. Представлено апаратурно-технологічну схему установки, відповідно до якої для проведення гідроселекції в розгінній колоні здійснюють рециркуляцію кубової рідини колони екстрактивної ректифікації, в етюраційній колоні — кубової рідини розгінної колони, а в колоні екстрактивної ректифікації — кубової рідини спиртової колони. Проведено дослідження ефективності запропонованої технології у виробничих умовах. Установлено, що її використання дає змогу скоротити питомі витрати пом'якшеної води та енерговитрати на її нагрівання до 80% порівняно з типовими схемами брагоректифікаційних установок.

Ключові слова: *ректифікація, кубова рідина, етиловий спирт, гідроселекція, рециркуляція, домішки.*

Постановка проблеми. Для отримання високоякісних спиртів категорії «Люкс», «Супер-Люкс», «Пшенична сльоза» необхідне більш глибоке вилучення та концентрування органічних домішок спирту, які негативно впливають як на аналітичні, так і на органолептичні показники товарного спирту. Для цього типові брагоректифікаційні установки (БРУ) дооснащують додатковими колонами — кінцевого очищення, розгінною та колоною екстрактивної ректифікації. Особливістю роботи таких установок є необхідність проведення гідроселекції для вилучення головних і проміжних органічних домішок спирту. Гідроселекція базується на властивостях основної маси домішок збільшувати леткість при зменшенні концентрації спирту в розчині. Для здійснення гідроселекції на одну з верхніх тарілок колони подають гарячу пом'якшену воду або конденсат пари у такій кількості, при якій коефіцієнт ректифікації домішок (K) перевищує одиницю.

Аналіз даних фазової рівноваги суміші етиловий спирт–вода–домішка вказує на те, що у слабоконцентрованих водно-спиртових розчинах з концентрацією етанолу в межах 20...30% об. всі органічні домішки, крім метанолу і фурфуролу, мають явно виражений головний характер [1].

Ступінь вилучення (α) і кратність концентрування (β) легких органічних домішок залежить від співвідношення рідинного і парового потоків (L/G) та концентрації етанолу по тарілках колони. При сталих витратах потоків живлення та гріючої пари величина L/G і концентрація спирту по висоті колони залежать від кількості води, що надходить на гідроселекцію.

Для виділення етилового спирту із головної фракції (ГФ) в розгінній колоні витрата гарячої пом'якшеної води на гідроселекцію становить 11,7...26,5 кг/кг абсолютного алкоголю (а. а.) залежно від виду сировини, питома витрата пари — 200% за масою ГФ. З метою більш повного вилучення домішок проводять подвійну гідроселекцію, що передбачає подачу розрахункової кількості води у верхні частини концентраційних зон розгінної та епюраційної колон. При цьому концентрація етилового спирту в кубовій рідині розгінної колони знижується до 6...8% об., а в епюраті — до 20...25% об. За таких умов відбувається більш повне вилучення та концентрування головних і частини проміжних легких домішок, видалення яких дає змогу підвищити якість спирту та полегшити роботу спиртової колони. При цьому у ГФ, що відбирають із конденсатора епюраційної колони, більш ніж у три рази збільшується концентрація складних естерів; концентрація кислот лишається практично без змін; вміст альдегідів дещо знижується при збільшенні подачі води більше 0,72 кг/кг а. а. Витрати гарячої пом'якшеної води на зрошення епюраційної колони становлять 0,55...0,90 кг/кг а. а., введеного в колону. Оптимальні витрати гріючої пари знаходяться в межах 1,8...2,0 кг а. а. бражного дистилату.

Застосування гідроселекції особливо доцільно при вилученні верхніх проміжних домішок (сивушного спирту) в розгінній колоні при концентрації кубової водно-спиртової рідини 4...4,5% об. та нижніх проміжних домішок (вищих спиртів сивушного масла) в колоні екстрактивної ректифікації при концентрації етанолу в кубовій рідині 1,5...3,0% об. [2].

Для проведення гідроселекції рекомендується використовувати пом'якшену воду або конденсат пари температурою 90...92° С. Лютерну воду вико-

ристовуюють у меншій мірі через значний вміст у ній органічних кислот, які сприяють новоутворенню органічних домішок.

Недоліком відомих способів отримання ректифікованого етилового спирту в типових БРУ, оснащених додатковими колонами, є значні витрати гарячої пом'якшеної води або конденсату пари для проведення гідроселекції головних і частини проміжних домішок, а також підвищені енерговитрати на її нагрівання до температури, що відповідає температурі в зонах її подачі у відповідні колони [3; 4].

Метою дослідження є розробка ресурсо- та енергозберігаючої технології ректифікованого етилового спирту за рахунок зменшення питомих витрат технологічної води для проведення гідроселекції домішок у розгінній, епюраційній колонах і колоні екстрактивної ректифікації та скорочення енерговитрат на її нагрівання шляхом рециркуляції кубової рідини спиртової, розгінної колон і колони екстрактивної ректифікації при виробництві високоякісних спиртів.

Викладення основних результатів дослідження. Для вирішення поставленої завдання авторами запропоновано здійснювати рециркуляцію кубової рідини спиртової колони для проведення гідроселекції в колоні екстрактивної ректифікації, кубової рідини колони екстрактивної ректифікації для гідроселекції в розгінній колонні, а кубової рідини розгінної колони для гідроселекції в епюраційній колоні [5].

Дослідження ефективності запропонованого способу проводились у виробничих умовах ДП «Чуднівський спиртовий завод».

Апаратурно-технологічна схема ресурсо- та енергозберігаючої брагоректифікаційної установки з використанням запропонованого способу гідроселекції летких органічних домішок спирту представлена на рис. 1.

Брагоректифікаційна установка включає бражну, епюраційну, спиртову, розгінну колони, колону екстрактивної ректифікації та колону кінцевої очистки, з'єднаних трубопроводами, а також відповідне теплообмінне обладнання. Для обігріву колон в їх нижні частини подають гріючу пару (П). При закритому обігріві відводять конденсат пари (К). Бражку (Б) послідовно подають через другу 8 та першу 7 секції бражного підігрівача, де нагрівають водно-спиртовою парою бражної колони 1 до температури, близької до температури кипіння, і далі направляють на верхню тарілку бражної колони, в якій відбувається вилучення спирту та супутніх органічних домішок з бражки. Бражний дистилат із бражних підігрівачів 7, 8 та водяної секції підігрівача 9 подають на тарілку живлення епюраційної колони 2, а конденсат пари з конденсатора 10 направляють на тарілку живлення розгінної колони 6. З кубової частини бражної колони 1 відводять барду (БД).

В епюраційній колоні 2 здійснюють концентрування та вилучення головних і частини проміжних домішок спирту. Для цього у верхню зону концентраційної частини колони 2 подають кубову рідину розгінної колони 6. Концентровані домішки у вигляді головної фракції спирту етилового (ГФ) відводять із конденсатора 13 епюраційної колони 2.

Сивушний спирт (СС) відбирають із парової фази 18...23-ї тарілок спиртової колони 3, направляють у міжтрубний простір конденсатора 14 і після їх

конденсації виводять з установки разом з ГФ. Сивушну фракцію (СФ) відбирають із парової фази 5, 7, 9, 11-ї тарілок колони 3. У верхній пастеризаційній частині спиртової колони 3 здійснюють концентрування головних домішок, які не в повній мірі вилучились в епіюраційній колоні 2. Ці домішки у вигляді непастеризованого спирту (НС) відводять через конденсатор 16 разом з ГФ із конденсатора 13, фракціями із конденсаторів 10 і 14 на тарілку живлення розгінної колони 6. Із рідинної фази верхніх тарілок концентраційної частини спиртової колони 3 відбирають ректифікований спирт (РС) і направляють на тарілку живлення колони кінцевої очистки 5, верхня частина якої з'єднана з дефлегматором 22 і конденсатором 21. У колоні 5 відбувається очищення спирту від головних і кінцевих домішок (ГКД), які відбирають із конденсатора 21 і далі направляють на верхню тарілку розгінної колони 6.

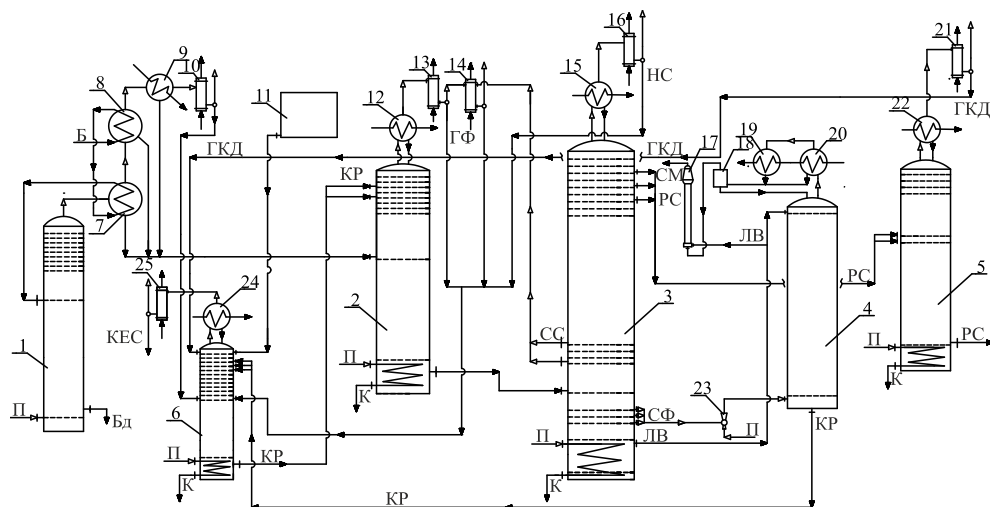


Рис. 1. Ресурсо- та енергозберігаюча брагоректифікаційна установка для отримання ректифікованого спирту високої якості

Колони: 1 — бражна; 2 — епіюраційна; 3 — спиртова; 4 — екстрактивної ректифікації; 5 — кінцевої очистки; 6 — розгінна; 7, 8 — бражний підігрівач; 9 — водяна секція бражного підігрівача; 10, 13, 16, 19, 21, 25 — конденсатори; 12, 15, 20, 22, 24 — дефлегматори; 14 — конденсатор сивушного спирту; 11 — напірний збірник гарячої пом'якшеної води; 17 — екстрактор сивушного масла; 18 — декантатор; 23 — паровий ежектор.

Умовні позначення: Б — бражка; БД — барда; ГКД — головні та кінцеві домішки; ГФ — головна фракція спирту етилового; ЛВ — лютерна вода; СМ — сивушне масло; СФ — сивушна фракція; РС — ректифікований спирт; НС — непастеризований спирт; СС — сивушний спирт; КЕС — концентрат естеро-сивушний; К — конденсат; КР — кубова рідина; П — пара

З нижньої частини колони кінцевої очистки 5 відбирають товарний ректифікований спирт. Пари (СФ) змішують з грючою водяною парою в ежекторі 23 і подають в кубову частину колони екстрактивної ректифікації 4. На її верхню тарілку подають гарячу лютерну воду (ЛВ) з кубової частини спиртової колони 3. У колоні 4 відбувається вилучення та концентрування спиртів сивушного масла (СМ). Конденсат парів СМ із дефлегматора 20 та

конденсатора 19 направляють в декантатор 18, де відбувається розшарування суміші: рідину із нижньої частини декантатора 18 повертають у вигляді флегми на верхню тарілку колони 4, а СМ направляють в екстрактор 17. В нижню його частину подають лютерну воду для промивання масла. Концентроване СМ у вигляді товарного продукту відбирають з верхньої частини екстрактора 17.

Використання ЛВ спиртової колони для проведення гідроселекції у колоні екстрактивної ректифікації не впливає на якість ректифікованого спирту, оскільки звільнена від вищих спиртів сивушного масла кубова рідина колони екстрактивної ректифікації з низьким вмістом етилового спирту (1,5...3,0% об.) подається у концентраційну зону розгінної колони, в якій відбувається вилучення проміжних домішок, включаючи компоненти сивушного масла, та їх концентрування.

Кубову рідину (КР) колони 4 направляють на 3...5-у тарілки, рахуючи зверху, розгінної колони 6 для гідроселекції проміжних домішок, включаючи компоненти сивушного масла, та їх концентрування. На верхню тарілку колони 6 із збірника 11 подають гарячу пом'якшену воду для зниження концентрації етилового спирту в кубовій частині до розрахункової. В процесі розділення спиртовмісних фракцій в колоні 6 флегму із дефлегматора 24 повертають на верхню тарілку колони, а концентрат естерово-сивушний (КЕС) відводять із установки із конденсатора 25.

Для здійснення гідроселекції в епіюраційній колоні 2 у верхню зону її концентраційної частини подають очищену від головних та частини проміжних домішок кубову рідину (КР) розгінної колони 6.

Облік конденсату пари для гідроселекції домішок в розгінній колоні, кубової рідини розгінної колони і лютерної води спиртової колони здійснюють за допомогою відповідних витратомірів.

Питомі витрати гарячої пом'якшеної води або конденсату пари для проведення гідроселекції домішок та питомі енерговитрати на нагрівання води (в перерахунку на 1 кг а.а., введеного в колону) відповідно до типового і запропонованого способів (табл. 1 і 2).

Таблиця 1. Питомі та загальні витрати технологічної води для проведення гідроселекції домішок

| Спосіб | Питомі витрати технологічної води в колонах, дм ³ /кг а. а. | | | Загальні витрати технологічної води | |
|----------------|--|-------------|----------------------------|-------------------------------------|-----|
| | розгінна | епіюраційна | екстрактивної ректифікації | дм ³ /кг а. а. | % |
| Типовий | 4,7 | 0,7 | 18,1 | 23,5 | 100 |
| Запропонований | 4,7 | — | — | 4,7 | 20 |

Таблиця 2. Питомі та загальні енерговитрати на нагрівання технологічної води для гідроселекції домішок

| Спосіб | Питомі енерговитрати на нагрівання води для проведення гідроселекції в колонах, кДж/кг а.а. | | | Загальні енерговитрати | |
|----------------|---|-------------|----------------------------|------------------------|-----|
| | розгінна | епіюраційна | екстрактивної ректифікації | кДж/кг а. а. | % |
| Типовий | 590,8 | 88,0 | 2275,2 | 2951,0 | 100 |
| Запропонований | 590,8 | — | — | 590,8 | 20 |

Згідно із запропонованим способом для гідроселекції домішок в епіюраційній колоні використовують кубову рідину розгінної колоні, а для проведення гідроселекції в колоні екстрактивної ректифікації — кубову рідину спиртової колоні, тому витрати гарячої пом'якшеної води або конденсату пари в епіюраційній колоні і колоні екстрактивної ректифікації відсутні.

Запропонований спосіб дає змогу скоротити питомі витрати технологічної води та енерговитрати на її нагрівання до 80% за рахунок рециркуляції кубової рідини спиртової, розгінної колон та колоні екстрактивної ректифікації, що підтверджують дані, наведені в табл. 1 і 2.

Висновки

Результати експериментальних досліджень довели переваги запропонованого способу:

1. Використання кубової рідини спиртової колоні для проведення гідроселекції в колоні екстрактивної ректифікації дає змогу скоротити витрати технологічної води на 82% порівняно з відомим способом і підвищити ефективність вилучення летких проміжних домішок.

2. Подача спиртовмісних фракцій, збагачених органічними домішками, з конденсаторів епіюраційної та спиртової колон на тарілку живлення розгінної колоні, кубової рідини колоні екстрактивної ректифікації вище тарілки живлення (3...5-у тарілки, рахуючи зверху), а гарячої пом'якшеної води для гідроселекції домішок на верхню її тарілку знижує концентрацію етилового спирту на верхніх тарілках концентраційної частини розгінної колоні, завдяки чому скорочуються витрати води на гідроселекцію до 30%.

3. Подача кубової рідини колоні екстрактивної ректифікації на 3...5-у тарілки, рахуючи зверху, розгінної колоні дає змогу утворити зону для ефективного концентрування проміжних домішок, включаючи компоненти сивушного масла.

4. Енерговитрати на нагрівання технологічної води до температури, що відповідає температурі в зонах її подачі у відповідні колоні, скорочуються на 80% за рахунок рециркуляції кубової рідини спиртової, розгінної колоні та колоні екстрактивної ректифікації.

Література

1. Технологія спирту. В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М. Швець, П.С. Циганков, І.Д. Жолнер / Під ред. проф. В.О.Маринченко. — Вінниця : «Поділля-2000», 2003. — 496 с.

2. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійничук. — Київ : Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.

3. Патент RU на изобретение № 2243812, МПК В01 D3/14 «Способ получения ректификованного спирта» / Перегугин В.М., Паршина Т.А., Никитина С.Ю. — Оpubл. 10.01.2005.

4. Никитина С.Ю. Самотехника и методики расчетов брагоректификационных установок: монографія / С.Ю. Никитина, Воронежский ГАСУ. — Воронеж, 2013. — 208 с.

5. Патент України на корисну модель № 119277, МПК В01D 3/14. Спосіб отримання ректифікованого спирту / Булій Ю.В., Шиян П.Л., Дмитрук А.П., Дмитрук П.А. — Заявлено 23.01.17; Оpubл. 25.09.17, Бюл. № 18.