

## AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF INDIRECT ACTION DISTILLER COLUMN PLANT

V. Ivanchuk, V. Kutya

National University of Water Management and Nature Resources Use

---

**Key words:**

Distillation column plant  
Reflux ratio  
Automated control system

**Article history:**

Received 11.01.2013  
Received in revised form  
4.02.2013  
Accepted 15.03.2013

**Corresponding author:**

E-mail:

npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The structural scheme of indirect action distiller column plant as an multivariable object of automation has been developed. The interrelation between the main parameters of the object has been set. The basic functional characteristics and requirements for automated control system of indirect action distiller column plant have been formulated. A scheme of automated reflux ratio control has been proposed.

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЮ УСТАНОВКОЮ НЕПРЯМОЇ ДІЇ

В.В. Іванчук, В.М. Кутя

Національний університет водного господарства та природокористування

*Розроблено структурну схему брагоректифікаційної установки непрямої дії як багатозв'язного об'єкта автоматизації. Встановлено взаємозв'язок між основними параметрами об'єкта. Сформульовано основні функціональні характеристики та вимоги до автоматизованої системи управління брагоректифікаційною установкою непрямої дії. Запропоновано принципову схему автоматичного контролю і регулювання флегмового числа.*

**Ключові слова:** брагоректифікаційна установка, флегмове число, автоматизована система управління.

Підвищення якості і збільшення виходу продукції, економія сировини та енергоресурсів, зниження експлуатаційних витрат у спиртовому виробництві є основними завданнями, що можуть бути вирішені за рахунок удосконалення технологічних процесів та впровадження систем автоматизованого управління. До таких процесів належить, зокрема, процес брагоректифікації.

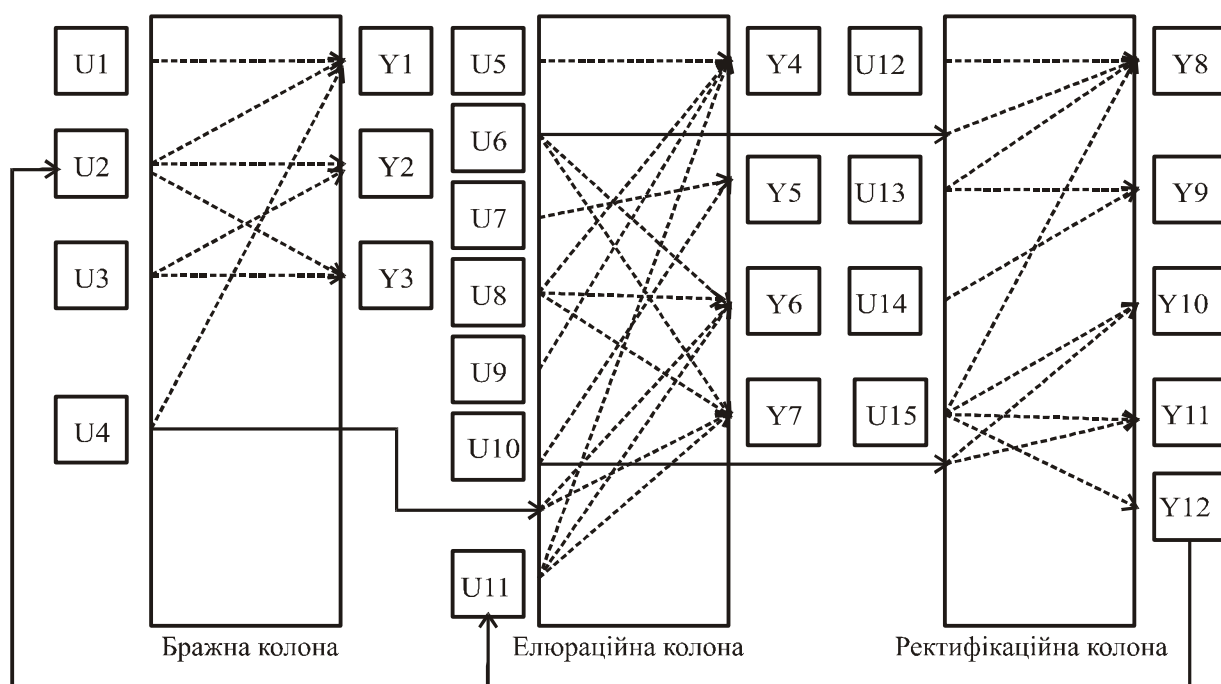
Впродовж багатьох років найбільш поширеними у спиртовому виробництві є брагоректифікаційні установки (БРУ) непрямої дії, що складаються з бражною, епюраційною та ректифікаційною колон з дефлегматорами, конденсаторами і допоміжним обладнанням. Розроблено широкий спектр систем автоматизації БРУ непрямої дії та відбувається постійне їх удосконалення [1]. Однак, суттєвим недоліком таких установок є високе споживання теплової енергії і води.

Тому актуальним у сучасних умовах є застосування БРУ непрямої дії, в яких бражна та епюраційна колони працюють під розрідженням. При цьому гріюча пара вводиться тільки в

ректифікаційну колону, а бражна та епіюраційна колони обігріваються спиртоводяною парою з ректифікаційної колони. Це забезпечить зниження питомої витрати пари на 1 дал спирту на 35 – 45 % [2]. БРУ, що працюють під розрідженням більш складні за апаратним оформленням та в експлуатації, тому потребують більш жорстких і надійних систем автоматизації для підтримання заданого технологічного режиму [3].

Метою цієї роботи є аналіз БРУ непрямої дії як багатозв'язного об'єкта автоматизації з визначенням контрольованих, регульованих параметрів та регулюючих впливів і взаємозв'язків між ними. Для ефективного управління БРУ непрямої дії необхідно розробити систему автоматизації, яка б забезпечувала окрім контролю і стабілізації основних технологічних параметрів БРУ, автоматичний розрахунок і регулювання флегмового числа, яке в свою чергу впливає на витрати енергетичних ресурсів.

Для вирішення поставленого завдання було побудовано структурну схему моделі триколонної БРУ непрямої дії, що працює під розрідженням, з урахуванням взаємозв'язків між колонами, проведено вибір і обґрунтування контрольованих, регульованих параметрів і керуючих впливів. Розроблену структурну схему БРУ наведено на рис. 1.



**Рис.1. Структурна схема БРУ непрямої дії як об'єкта автоматизованого управління**

На рис. 1 позначено:

– керуючі впливи: U1 — витрата охолоджувальної води для охолодження бражної колони; U2 — витрата спиртових парів з ректифікаційної колони; U3 — витрата бражки; U4 — витрата бражного дистилляту; U5 — витрата охолоджувальної води; U6 — витрата непастеризованого спирту з ректифікаційної колони; U7 — витрата флегми; U8 — витрата гідроселекційної води; U9 — витрата ефірів; U10 — витрата епіурату; U11 — витрата спиртових парів з ректифікаційної колони; U12 — витрата охолоджувальної води; U13 — витрата флегми; U14 — витрата спирту; U15 — витрата гострої пари;

– регульовані параметри: Y1 — тиск верху бражної колони; Y2 — температура на тарілці живлення бражної колони; Y3 — тиск низу бражної колони; Y4 — тиск верху епіюраційної колони; Y5 — флегмове число; Y6 — епіурат; Y7 — тиск низу епіюраційної колони; Y8 — тиск верху ректифікаційної колони; Y9 — флегмове число; Y10 — температура на 16 тарілці ректифікаційної колони; Y11 — тиск низу ректифікаційної колони; Y12 — кількість тепла спиртових парів, що виходить з ректифікаційної колони.

З рис. 1 видно, що БРУ непрямої дії є складним багатозв'язним об'єктом управління. Тому для ефективного перебігу технологічного процесу брагоректифікації необхідно

спроєктувати таку систему автоматизації, яка б забезпечувала регулювання дванадцяти основних параметрів та контроль ряду інших параметрів (що не показані на структурній схемі), за якими відбувається розрахунок керуючих впливів.

Завдання автоматизації БРУ можна розділити на два основні складники і сформулювати таким чином:

- підтримання заданих параметрів установки в певному допустимому діапазоні і коригування цих параметрів у залежності від значень вхідних технологічних параметрів;
- підтримання балансу матеріальних та енергетичних потоків.

На основі даної структурної схеми, матеріального, теплового балансу та теоретичних матеріалів, наведених у [2, 4], було створено розрахункову модель БРУ непрямої дії, що дозволяє визначати основні технологічні параметри протікання процесу брагоректифікації теоретичним шляхом і відображає взаємозв'язок основних вхідних і вихідних параметрів БРУ.

Особливістю системи управління БРУ в цьому випадку є необхідність регулювання витрати гострої пари, що подається на ректифікаційну колону, щоб її спиртові пари обігрівали бражну та епюраційну колони. Тому проєктована система автоматизації повинна забезпечувати близьку до оптимальної витрату пари на ректифікаційну колону, а в разі необхідності — додаткову подачу пари на епюраційну колону.

З метою забезпечення оптимального споживання енергетичних потоків пропонується, окрім стабілізації основних технологічних параметрів БРУ, впровадження автоматичного розрахунку і регулювання флегмового числа, яке в свою чергу впливає на витрати енергетичних ресурсів.

Флегмове число визначається на основі таких параметрів:

1) для ректифікаційної колони: витрата флегми, що подається на верх ректифікаційної колони; міцність флегми; витрата спирту; міцність спирту.

2) для епюраційної колони: витрата флегми, що подається на верх епюраційної колони; міцність флегми; витрата епюрату; міцність епюрату.

Регулювання флегмового числа здійснюється зміною подачі пари в колону при відповідній зміні подачі води в дефлегматор [2].

З урахуванням даних параметрів нами запропоновано залежність для обчислення флегмового числа:

$$R = \frac{A_{\text{флегми}}}{A_{\text{відбірногодистилляту}}}$$

де  $R$  — флегмове число;  $A$  — абсолютний алкоголь.

Визначення абсолютного алкоголю визначається як добуток витрати на міцність, відповідно флегми і дистилляту.

Оптимальне флегмове число визначається експериментально для кожної із колон на підставі техніко-економічних розрахунків і може коливатися в межах: 5...6 для ректифікаційної колони, яка працює в режимі надлишкового тиску, та 1...2 для епюраційної колони, яка працює під розрідженням. Якщо концентрація спирту нижча заданої, то збільшують подачу пари (і відповідно води), тобто флегмове число зростає, якщо вища — зменшують подачу пари за умови відсутності понаднормових втрат спирту з лютерною водою (флегмове число зменшується) [3].

Метою процесу ректифікації є звільнення спирту-ректифікату від більшості домішок і одержання спирту стандартної концентрації. Одночасно домішки, що відбираються повинні бути максимально сконцентровані та звільнені від етилового спирту. У цьому випадку втрати спирту з побічними продуктами будуть мінімальними [3]. Тому флегмове число також впливає на якість готової продукції. З метою отримання спирту-ректифікату покращеної якості, необхідно вести систематичний контроль за кількісними показниками домішок готової продукції на певних етапах ректифікації та здійснювати автоматичну стабілізацію флегмового числа для кожної із колон.

Для вирішення поставленого завдання було розроблено принципову схему автоматизованого регулювання флегмового числа для епюраційної (ЕК) та ректифікаційної колон (РК) БРУ непрямої дії (рис. 2) з урахуванням основних технологічних потоків та засобів автоматизації.

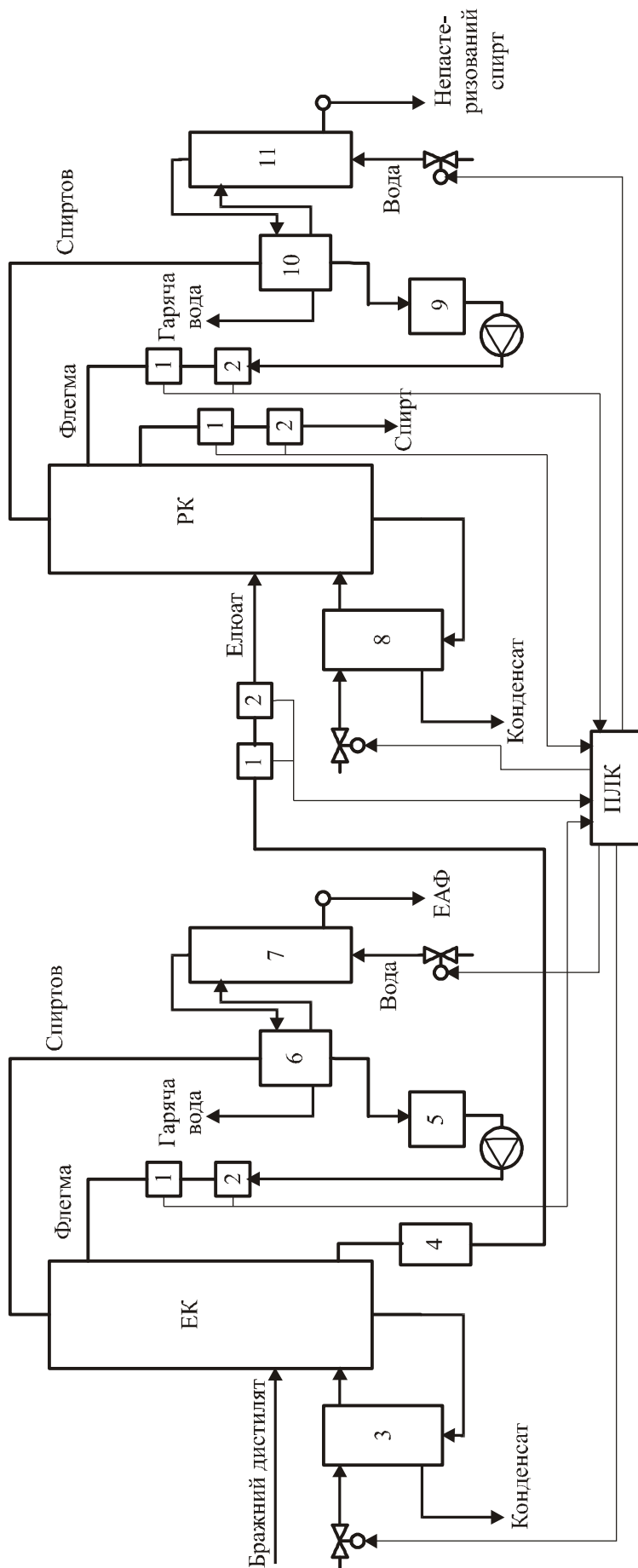


Рис. 2. Спрощена принципова схема системи автоматизованого регулювання флегмового числа на БРУ непрямої дії:

- 1 — автоматичний дозатор рідин і хроматограф; 2 — мікропроцесорний багатифункціональний витратомір; 3 — кип'ятильник ЕК;
- 4 — бак елюату; 5 — перехідна ємність; 6 — дефлегматор ЕК; 7 — конденсатор ЕК; 8 — кип'ятильник РК; 9 — перехідна ємність;
- 10 — дефлегматор РК; 11 — конденсатор РК

Регулювання флегмового числа буде здійснюватися шляхом стабілізації співвідношення витрат пари і води з урахуванням кількісних показників домішок на певних етапах ректифікації, що сприяє мінімізації затрат енергетичних ресурсів [3], а його контроль дозволить підвищити якісні характеристики роботи колони.

### Висновки

Проведений аналіз брагоректифікаційної установки непрямої дії, де бражна і епюраційна колони працюють під розрідженням, а ректифікаційна колона працює в режимі надлишкового тиску, як об'єкта автоматизації дозволив визначити взаємозв'язок між основними технологічними параметрами, визначити перелік контрольованих, регульованих параметрів та керуючих дій, сформулювати вимоги до автоматизованої системи управління технологічним процесом. Впровадження запропонованих способів визначення, контролю і стабілізації додаткових параметрів роботи брагоректифікаційної установки, зокрема флегмового числа, у систему автоматизації дозволить отримати високоякісний кінцевий продукт, забезпечити баланс матеріальних та енергетичних потоків і їх раціональне використання.

### Література

1. Стопакевич А.А. Анализ современного состояния систем управления брагоректификационными установками спиртового производства / А.А. Стопакевич, Ю.К. Тодорцев // ААЭКС. — №2. — 2009. — С. 180 – 184.
2. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности / П.С. Цыганков. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 336 с.
3. Технологія спирту / В.О. Мариченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М. Швець, П.С. Цыганков, І.Д. Жолнер. — Вінниця: Поділля-2000, 2003. — 496 с.
4. Стабников В.Н. Перегонка и ректификация этилового спирта / В.Н. Стабников. — М.: Пищевая промышленность, 1969. — 456 с.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БРАГОРЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКОЙ КОСВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

В.В. Иванчук, В.М. Кутя

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования*

*Разработана структурная схема брагоректификационной установки косвенного действия как многосвязного объекта автоматизации. Установлена взаимосвязь между основными параметрами объекта. Сформулированы основные функциональные характеристики и требования к автоматизированной системе управления брагоректификационной установкой. Предложена принципиальная схема автоматического контроля и регулирования флегмового числа.*

**Ключевые слова:** брагоректификационная установка, флегмовое число, автоматизированная система управления.