

### **Література:**

1. Электронные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ardio.ru> (Дата звернення 20.08.2020).
2. Дистанционный пуск двигателя: плюсы и минусы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://guardavto.ru/item/item/22-distancionniy-zapusk-dvigatelya.html> (Дата звернення 25.08.2020).
3. Рэндалл М. Электрическое и электронное оборудование автомобилей. Москва, Алфамер Паблшинг, 2008. 284 с.
4. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. М.: Горячая линия Телеком, 2006. 440 с: ил.
5. Сайт о конструкции автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.automan.ru> (Дата звернення 01.09.2020).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.2>

## **РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БРАЖНОЇ КОЛОНИ В СКЛАДІ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ**

**Гриценко Н. Г.**

*асистент кафедри автоматизації  
та комп'ютерних технологій систем управління  
Національного університету харчових технологій*

**Заєць Н. А.**

*доктор технічних наук,  
професор кафедри автоматизації  
та комп'ютерних технологій систем управління  
Національного університету харчових технологій  
м. Київ, Україна*

Брагоректифікаційна установка (БРУ) є складним нестационарним, багатозв'язним, енергогемнісним об'єктом керування, який доцільно розглядати в складі технологічного комплексу (ТК) спиртового заводу [1].

БРУ, в свою чергу, складається з бражної БК, епюраційної ЕК та ректифікаційної РК колон, де протікають фізико-хімічні, тепло-масообмінні, гідродинамічні процеси, що мають стохастичну природу, змінні в просторі і часі, багатозв'язні й багатокомпонентні пото-

ки тощо. Саме тому справедливо зазначити, що кожна з цих колон є окремим об'єктом керування, якість та ефективність роботи якого залежить від детально проведеного когнітивного аналізу.

Існуючі системи автоматизації БРУ, в переважній більшості, базуються на стабілізації основних параметрів процесу брагоректифікації, не дозволяють оперативно реагувати на виникаючі зміни якісних показників сировини та/або енергоресурсів, що можуть призводити до небажаних позаштатних технологічних ситуацій [2].

Комплексний аналіз на основі побудованих когнітивних карт процесу брагоректифікації показав, що зміна однієї вхідної величини бражної колони, приводить до зміни всіх або хоча б декількох вихідних величин БРУ. Визначальними факторами, які суттєво впливають на процес брагоректифікації та визначають якість готового продукту (етилловий спирт), є показники роботи бражної колони. Саме розробка підсистеми керування БК забезпечить вчасне реагування на зміну складу вхідної сировини, зменшивши % домішок в спирті, % втрат спирту в побічних продуктах, як результат збільшення виходу спирта заданої якості.

Для розробки підсистеми керування БК необхідним є розгляд комплексу математичних моделей, що дозволяють глибше вивчити фізичні закономірності процесу перегонки бражки і встановити ряд важливих властивостей колони як об'єкта керування.

Бражна колона має складну динамічну систему з сильними перехресними зв'язками. Якісним показником оптимального режиму роботи БК є вміст спирту в бражному дистиляті, а його втрати з бардою мають становити не більше 0,015 об.%, при умові зменшення енерговитрат на перегонку бражки, оскільки БК є найбільш енергомістким об'єктом в БРУ [3]. Властивість багатозв'язності БК проявляється в складному взаємозв'язку керуючих параметрів та вихідних змінних стану. Підтримка необхідного режиму роботи бражної колони потребує врахування узгодженості керування регульовальними змінними.

Важливим показником роботи БК є температура у верхній частині колони, яка визначається залежно від завантаження колони бражною відповідної температури (88°C). При недостатньому завантаженні температура зростає, залежно від цього, зростає витрата пари і, як наслідок, зменшується концентрація спирту в бражному дистиляті [4]. Зміна температури в нижній частині колони відображає зміну допустимих втрат спирту з бардою. Тиск бражної колони характеризується великою безінерційною вихідною змінною, яка змінюється в залежності від витрати пари. Відповідно, порушення в перехідному процесі

умов матеріального балансу колони по спирту впливає на міцність бражного дистиляту більше, ніж зміни умов масопередачі при зміні парового потоку, а інерційність колони визначається кількістю бражки на тарілках. Витрата охолоджувальної води найбільше впливає на температуру конденсатора і на температуру охолоджувальної води після горизонтального конденсатора.

Для вирішення задачі ідентифікації математичної моделі БК використовується пакет System Identification Toolbox, за допомогою якого за часовими входними та вихідним експериментальними даними отриманими на Червонослобідському спиртзаводі при нормальних умовах роботи можна описати поведінку динамічної системи в різних формах, визначити відповідну структуру і порядок моделі, виконати оцінку її параметрів, а також перевірити модель на адекватність. Структура моделі в координатах стану має наступний вигляд:

mn4sid =

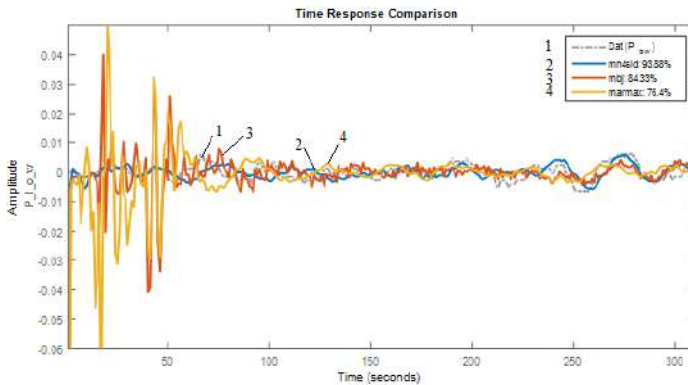
Discrete – time identified state – space model:

$$x(t + T_s) = A \cdot x(t) + B \cdot x(t) + K \cdot e(t)$$

$$y(t) = C \cdot x(t) + D \cdot u(t) + e(t)$$

де  $u$  – вектор виходів,  $x$  – вектор координат стану,  $u$  – вектор входів,  $e$  – збурення,  $t$  – час з дискретністю  $T_s$ ,  $A, B, C, D, K$  – відповідного рангу матриці.

Результати моделювання зображені на рис. 1.



**Рис. 1. Тренд експериментальних даних та розроблених моделей (у відхиленнях)**

Математична модель бражної колони БРУ характеризується високим порядком і хоча присутня багатозв'язність технологічних змінних процесу, побудову моделі необхідно виконувати для кожної підсистеми окремо. Розроблені моделі підсистеми керування для контуру витрата пари та бражки – тиск низу колони, що мають лінійну структуру, виявилися адекватними [5].

#### Література:

1. Мандельштейн М.Л. Автоматические системы управления технологическим процессом брагоректификации. Москва : Пищевая промышленность, 1975. 240 с.
2. Гриценко Н.Г., Заець Н.А., Смітюх Я.В. Интеллектуальная система управления процессом ректификации с прогнозированием нестандартных ситуаций. Вестник БрГТУ. 2017. № 4(106). С. 70–73.
3. Марченко В.О., Домарецький В.А., Шиян П.Л. Технологія спирту / за ред. проф. В.О. Маринченка. Вінниця: Поділля, 2003. 496 с.
4. Яровенко В.Л., Маринченко В.А., Смирнов В.А. Технология спирта. Москва: Колос-Пресс, 2002. 465 с.
5. Гриценко Н.Г., Луцька Н.М. Розробка моделей системи керування бражної колони. Наукові праці Національного університету харчових технологій. Київ. 2016. Том 22. № 6. С. 22–27.