

**Ю.В. Булій**, канд. техн. наук (НУХТ, Київ)

**О.М. Ободович**, д-р. техн. наук (ІТТФ НАНУ, Київ)

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ БІОЕТАНОЛУ**

В умовах зростаючих цін на енергоносії розробка енергоефективних технологій і технологічного обладнання є першочерговим завданням, актуальним для виробництва біоетанолу. Недостатній час контакту пари і рідини на ступенях контакту фаз в типових ректифікаційних установках потребує підвищених витрат гріючої пари на перегонку бражки і очистки етилового спирту, встановлення додаткових тарілок, що знижує енергоефективність обладнання і приводить до збільшення його собівартості.

Необхідною умовою усунення вищевказаних недоліків є затримка рідини на тарілках до моменту, близького до рівноважного стану фаз. В циклічному режимі зростає рушійна сила масообміну через збільшення градієнту концентрацій летких компонентів, покращуються дифузійні характеристики тарілок, ефективність їх роботи, завдяки чому зменшуються загальні витрати гріючої пари на брагоректифікацію. Час перебування рідини на тарілках визначається дослідним шляхом.

Метою роботи було дослідження ефективності циклічної ректифікації в брагоректифікаційних установках, визначення питомої витрати пари, ступеню вилучення та кратності концентрування органічних домішок спирту.

Авторами запропонована технологія ректифікації з контрольованими циклами затримки рідини на ступенях контакту. Для реалізації способу експериментальна ректифікаційна колона була оснащена рухомими переливними пристроями, з'єднаними з приводними механізмами, дія яких відбувалася відповідно до програми контролера, та лускоподібними тарілками з коаксіальним розташуванням лусок, що виключало односпрямованість руху рідини. Робочий цикл включав час рідинної затримки (контакту пари та рідини) та час переливу рідини. В кожному робочому циклі відбувалася зміна живого перерізу тарілок від 2,6 % в період масообміну до 51,7 % в момент переливу рідини з верхніх тарілок на нижні. Під час відкривання переливних отворів швидкість пари миттєво зменшувалась, що призводило до проливу рідини через переливні отвори та щілини лусок. Таким чином час переливу рідини з верхніх тарілок на нижні скорочувався від 5 до 2 сек.

Експериментальна колона з тарілками із змінним живим перерізом виготовлена співробітниками ТОВ «ГІСЕР» в співпраці з науковцями кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ та ІТТФ НАНУ. Дослідження проводились у виробничих умовах ДП «Чуднівський спиртовий

завод» в процесах вилучення етилового спирту із головної фракції (ГФ) та перегонки спиртової бражки.

На першому етапі досліджень ректифікаційна колона працювала в режимі розгонки спиртовмісних фракцій. На тарілку живлення подавали ГФ спирту етилового разом із сивушною фракцією в кількості 10 % від абсолютного алкоголю (а.а.) бражки. На верхню тарілку безперервно надходила гаряча пом'якшена вода для гідроселекції летких домішок. Концентрація етилового спирту в кубовій рідині становила 5...6 % об. Із конденсатора колони відбирали концентрат головної фракції (КГФ) в кількості 0,15 % від а.а. бражки, контролюючи при цьому якість ректифікованого спирту. Для проведення хроматографічного аналізу відбирали проби кубової водно-спиртової рідини, флегми, КГФ та проби з рідинної фази 6, 11, 17, 21, 25-тої тарілок.

Аналіз отриманих результатів показав, що при подовженні часу перебування рідини на тарілках розгінної колони до 20 сек. ступінь вилучення альдегідів, вищих спиртів сивушної олії та метилового спирту зростала в середньому на 30 %, кратність концентрування головних та верхніх проміжних домішок підвищувалась на 32 %. При цьому питома витрата гріючої пари на розгонку спиртовмісних фракцій скорочувалась до 14 кг/дал а.а., введеного на тарілку живлення, за рахунок зменшення живого перерізу тарілок.

На другому етапі проводились дослідження ефективності запропонованої авторами технології в процесі перегонки зрілої бражки. Встановлено, що подовження часу перебування спиртової бражки на тарілках експериментальної бражної колони до 12 сек. дозволяє підвищити концентрацію спирту в бражному дистиляті до 28 % в порівнянні з типовими колонами при нормативних втратах спирту з бардою. При подовженні часу затримки бражки більше 12 сек. концентрація етилового спирту в бражному дистиляті зростає незначно. Разом з тим зменшується пропускна здатність колони по рідині.

Коаксіальне розташування лусок виключає можливість утворення застійних зон та пригорання зважених частинок бражки, що подовжує експлуатаційний період роботи бражної колони без зупинки на профілактичні роботи. Використання мехатронних підсистем (пневмоциліндрів двонаправленої дії типу DNT) і мікропроцесорного контролера для їх управління дозволяє забезпечити контрольовані цикли затримки і переливу рідини по тарілках колони. При цьому ступінь розділення спиртовмісних фракцій зростає на 30 %, а витрати гріючої пари для отримання біоетанолу скорочуються в середньому на 32 % в порівнянні з типовими установками. Крім того, час переливання рідини по тарілках зменшується від 5 до 2 сек. завдяки миттєвому зменшенню швидкості пари в щілинах контактних пристроїв, що дозволяє збільшити пропускну здатність обладнання по рідині.