

## Оцінка ефективності різних технологій біоетанолу з бражки

**Г.О. Кизюн**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, академік УТА, заступник директора з наукової роботи ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод»

**О.С. Міщенко**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, член-кор. УТА, завідувач відділу масообмінах технологій ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод»

**Р.В. Бей**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, директор ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод»

**Н.М. Кизюн**, учений секретар ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод»

У статті наведено аналіз технологій виробництва біоетанолу з бражки, які експлуатуються в Україні чи пропонуються до впровадження вітчизняними науковцями. Виконано порівняльний аналіз ефективності їх застосування за питомими витратами теплової енергії.

**Ключові слова:** спирт етиловий, водно-спиртовий розчин, зневоднення, біоетанол, азеотропна ректифікація, адсорбція, молекулярні сита, напівпроникливі мембрани.

В статье приведен анализ технологий производства биоэтанола из бражки, которые эксплуатируются в Украине или предлагаются к внедрению отечественными учеными. Выполнено сравнение эффективности их использования по удельным расходам тепловой энергии.

**Ключевые слова:** спирт этиловый, водноспиртовой раствор, обезвоживание, биоэтанол, азеотропная ректификация, адсорбция, молекулярные сита, полупроницаемые мембраны.

The article is devoted to analysis of technologies of production of bioethanol is driven from home-brewed beer, that is exploited in Ukraine or offered to introduction by home scientists. Comparison of efficiency of their use is done after the specific charges of thermal energy.

**Keywords:** alcohol ethyl, water-alcohol solution, dehydration, bioethanol, azeotropic rectification, adsorption, molecular sieves, semi-permeable membranes.

Наразі в Україні виробництво біоетанолу здійснюють з цукровмісної сировини (меляси) більше ніж на десяти підприємствах.

Процеси дріжджегенерації та зброджування ведуть за найбільш сучасною технологією двопотокового зброджування меляси.

Перегонку бражки та концентрування водно-спиртового розчину здійснюють на типовому обладнанні брагоректифікаційних установок.

Зневоднення отриманого концентрованого розчину до кондиції біоетанолу здійснюють одним з нижченаведених способів:

- азеотропною ректифікацією з циклогексаном;
- адсорбцією на молекулярних ситах (цеолітах);

- на напівпроникливих мембранах.

Залежно від способу зневоднення, вимоги до вихідних водно-спиртових розчинів суттєво відрізняються, чим і визначаються загальні питомі витрати нагрівальної пари на отримання біоетанолу з бражки. Ці витрати складаються з витрат: на перегонку бражки, концентрування та, в разі необхідності, очищення водно-спиртових розчинів від домішок, власне на зневоднення та переробку рециркулу.

У разі застосування способу зневоднення азеотропною ректифікацією на зневоднюючу колону необхідно подавати концентрований водно-спиртовий розчин з концентрацією етанолу 95...96% об., при цьому будь які інші вимоги до його складу від-

сутні. Таким чином питомі витрати нагрівальної пари на отримання біоетанолу з бражки складатимуться з витрат: на перегонку бражки, на концентрування водно-спиртового розчину, на його зневоднення та на переробку рециркулу – нижнього шару рідини з декантатора зневоднюючої колони.

За діючої наразі на спиртових заводах технології процеси перегонки бражки та концентрування водно-спиртового розчину здійснюють в окремих колонах: бражній та ректифікаційній (регенераційній), переробку рециркулу здійснюють, як правило, в останній колоні.

У випадку застосування способу зневоднення адсорбцією на молекулярних ситах на зневоднення в адсорбер необхідно

## БІОЕТАНОЛ

подавати водно-спиртовий розчин з концентрацією етанолу не менш ніж 93 % об., при цьому інші вимоги до складу розчину також відсутні. В цьому разі питомі витрати нагрівальної пари на отримання біоетанолу з бражки складаються з витрат: на перегонку бражки, на концентрування водно-спиртового розчину, на випарювання та перегрівання водно-спиртової пари, що подають в адсорбер для зневоднення, і витрат на переробку рециркулу – водно-спиртової рідини отриманої під час регенерації цеолітів.

Впроваджена, наприклад, на ДП «Лохвицький спиртовий комбінат» технологія отримання біоетанолу з застосуванням адсорбційного зневоднення передбачає перегонку бражки в бражній колоні, концентрування водно-спиртового розчину в ректифікаційній колоні, відгонку концентрованого розчину і переробку рециркулу у відгінній колоні, перегрів водно-спиртової пари у пароперегрівачі та її зневоднення в адсорберах.

Вимоги до водно-спиртової рідини, що подають для зневоднення на напівпроникливих мембранах більш жорсткі і, окрім вимог до концентрації етанолу, передбачають обмеження за вмістом альдегідів, масла сивушного, сухого залишку, органічних та неорганічних кислот, значення рН. Таким чином у випадку використання способу зневоднення на напівпроникливих мембранах, на зневоднення необхідно подавати концентрований водно-спиртовий розчин, очищений від головних та проміжних домішок. Питомі витрати нагрівальної пари на отримання біоетанолу з бражки складаються з витрат: на перегонку бражки, на очищення від головних домішок, на концентрування водно-спиртового розчину та очищення від проміжних домішок (сивушного масла), на випарювання концентрованого водно-спиртового розчину, що подають на зневоднення,

і витрат на переробку рециркулу – водно-спиртової рідини що проходить через мембрани.

На спиртових заводах, де впроваджено технологію зневоднення на напівпроникливих мембранах, процеси перегонки бражки, очищення від головних домішок, концентрування водно-спиртового розчину та очищення від проміжних домішок здійснюють в бражній, епюраційній та ректифікаційній колонах, відповідно, випарювання концентрованого водно-спиртового розчину у випарнику, а переробку рециркулу здійснюють в бражній чи ректифікаційній колонах.

Ефективність застосування різних технологій отримання біоетанолу, діючих і тих, що пропонуються до впровадження, оцінювали за сумарними питомими витратами нагрівальної пари на процеси отримання біоетанолу з бражки. При цьому витрати на отримання бражки з цукровмісної чи крохмалевмісної сировини приймали постійними для кожного виду сировини. Витрати електроенергії, води, стисненого повітря також приймали однаковими.

Для визначення питомих витрат нагрівальної пари розраховано теплові потоки виробництва біоетанолу з бражки:

- за технологією зневоднення азеотропною ректифікацією, яка експлуатується, наприклад, на Лужанському МПД ДП «Укрспирт»;

- за розробленою ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод» енергоефективною технологією зневоднення азеотропною ректифікацією [1];

- за технологією зневоднення адсорбцією на молекулярних ситах, яка експлуатується, наприклад, на ДП «Лохвицький спиртовий комбінат»;

- за розробленою ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод» енергоефективною технологією отримання біоетанолу-сирцю та його подальшого зневоднення адсорбцією на молекулярних си-

тах [2];

- за технологією зневоднення на напівпроникливих мембранах, яка експлуатується, наприклад, на ДП «Наумінський спиртовий завод»;

- за розробленою ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод» енергоефективною технологією отримання концентрованого водно-спиртового розчину та подальшого зневоднення на напівпроникливих мембранах;

- за розробленою ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод» поетапною технологією, а саме – на першому етапі отримання біоетанолу-сирцю з бражки на існуючих спиртових заводах і на другому етапі централізоване зневоднення біоетанолу-сирцю адсорбцією на молекулярних ситах на підприємствах великої потужності.

Результати розрахунків наведені в таблиці 1 свідчать, що усі технології виробництва біоетанолу з бражки, які експлуатуються в Україні, є доволі енергозатратними, питомі витрати нагрівальної пари коливаються від 39 кг/дал для технології адсорбційного зневоднення реалізованої на ДП «Лохвицький спиртовий завод» до 54 кг/дал для технології зневоднення азеотропною ректифікацією на Лужанському МПД ДП «Укрспирт». При цьому основні витрати нагрівальної пари складають витрати на процеси перегонки бражки і отримання концентрованого водно-спиртового розчину, який подають на зневоднення.

З таблиці 1 також видно, що впровадження розроблених ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод» енергоефективних технологій отримання концентрованих водно-спиртових розчинів дає змогу зменшити сумарні питомі витрати нагрівальної пари на виробництво біоетанолу з бражки до рівня 32...33 кг/дал для всіх без виключення способів зневоднення спирту.

Порівняльна таблиця питомих витрат нагрівальної пари для різних технологій біоетанолу з бражки

№	Міцність бражки, % об	Міцність водно-спиртових розчинів на зневоднення, % об.	Міцність біоетанолу, % об.	Питома витрата пари нагрівальної, в тому числі на переробку рециклу, кг/дал					
				Колона бражна (браторегенераційна)	Колона еспораційна	Колона ректифікаційна (регенераційна)	Колона азеотропного зневоднення	Блок зневоднення адсорбцією чи на мембранах	Загальна питома витрата пари
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Азеотропною ректифікацією, яка експлуатується на Лужанському МПД ДП «Укрспирт»								
	10	95,5	99,8	21	-	22	11	-	54
2	За розробленою енергоефективною технологією азеотропної ректифікації								
	10	95,5	99,8	27	-	-	6	-	33
3	Адсорбцією на молекулярних ситах, яка експлуатується на ДП «Лохвицький спиртовий завод»								
	10	93,0	99,8	21	-	12	-	6	39
4	За розробленою енергоефективною технологією зневоднення адсорбцією на молекулярних ситах								
	10	93,0	99,8	26	-	-	-	6	32
5	На напівпроникливих мембранах, яка експлуатується на ДП «Наумівський спиртовий завод»								
	10	96,0	99,8	21	4	16	-	5	46
6	За розробленою енергоефективною технологією на напівпроникливих мембранах								
	10	96,0	99,8	27	-	-	-	5	32
7	За розробленою енергоефективною поетапною технологією: отримання біоетанолу-сирцю з бражки та централізоване зневоднення біоетанолу-сирцю адсорбцією на молекулярних ситах на підприємствах великої потужності								
	10	93,0	99,8	26	-	-	-	6	32

**ВИСНОВКИ**

1. Результати розрахунків питомих витрат нагрівальної пари на отримання біоетанолу з бражки за технологіями, які наразі використовують в Україні свідчать, що ці витрати для технологій зневоднення азеотропною ректифікацією, на напівпроникливих мембранах та адсорбцією на молекулярних ситах складають 54, 46 та 39 кг/дал, відповідно.

2. Реконструкція підприємств спиртової галузі на виробництво біоетанолу з впровадженням енергоефективних технологій, розроблених ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод», дасть змо-

гу суттєво підвищити їх енергоефективність і зменшити споживання нагрівальної пари до 32-33 кг/дал.

3. Застосування технології виробництва біоетанолу в два етапи, а саме отримання біоетанолу-сирцю з бражки на існуючих спиртових заводах з подальшим централізованим зневодненням біоетанолу-сирцю адсорбцією на молекулярних ситах на підприємствах великої потужності є одним з найбільше інвестиційно привабливим та енергозбережним, серед розглянутих варіантів реконструкції підприємств.

**Список використаних джерел**

1. Розроблення комплексної ресурсозбережної та енергоавтономної технології виробництва біоетанолу замкнутого циклу / Кизюн Г.О., Міщенко О.С., Журавський І.М., Кизюн Н.М., Дремлюга К.В., Каленська К.О., Олійник С.І. // Цукор України - 2014. - №4. - С. 37-41.

2. Кизюн Г.О., Міщенко О.С., Толстомятов О.М. Особливості застосування біоетанолу в Україні // Цукор України. - 2012. - №9. - С. 35-36.