УДК 663.551

ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЮ ВИЛУЧЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОМІШОК РЕКТИФІКОВАНОГО СПИРТУ

Булій Ю.В.¹, канд. техн. наук, **Ободович О.М.²**, докт. техн. наук., **Сидоренко В.В.²**, канд. техн. наук

¹Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, Київ, 01601, Україна

²Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2021.8>

У виробничих умовах визначені оптимальні технологічні режими для ефективного вилучення органічних домішок в бражній, епіюраційній, ректифікаційній, розгінній колонах і колоні кінцевого очищення. Запропоновані способи, що дозволяють зменшити в епіюраті концентрацію альдегідів на 40 %, ізопропілового і метилового спиртів – на 74 %, а вищих спиртів сивушної олії – на 42,3%. Встановлено, що збільшення зони пастеризації в ректифікаційній колоні до 10 тарілок дозволяє зменшити в товарному спирті концентрацію альдегідів на 32,3%, метанолу на 30 %, а вищих спиртів сивушної олії на 15 %.

В производственных условиях определены оптимальные технологические режимы для эффективного извлечения органических примесей в бражной, эпиюрационной, ректификационной, разгонной колоннах и колонне окончательной очистки. Предложены способы, позволяющие уменьшить в эпиюрате концентрацию альдегидов на 40 %, изопропилового и метилового спиртов – на 74 %, а высших спиртов сивушных масел – на 42,3 %. Установлено, что увеличение зоны пастеризации в ректификационной колонне до 10 тарелок позволяет уменьшить в товарном спирте концентрацию альдегидов на 32,3 %, метанола на 30 %, а высших спиртов сивушного масла на 15 %.

The optimum technological regimes for effective extraction of organic impurities in mash, epuration, rectification, accelerating and final clearance have been determined under production conditions. The methods which allow to decrease concentration of aldehydes by 40 %, isopropyl and methyl alcohols - by 74 %, and higher alcohols of sivush oils - by 42,3 % are offered. It has been established that increase of pasteurization zone in rectification column up to 10 plates allows to decrease concentration of aldehydes in commercial alcohol by 32,3 %, concentration of methanol by 30 % and higher alcohols of sivush oil by 15 %.

Бібліографія 10, рис. 2, табл. 3.

Ключові слова: органічні домішки, етиловий спирт, масообмін, колона, ректифікація.

Спиртова промисловість є ключовою у харчовій промисловості. Сучасні спиртові заводи виробляють етиловий ректифікований та денатурований спирт, сировину для антисептиків, біоетанол, спирт етиловий-сирець, фракцію головну етилового спирту, сивушне масло, діоксид вуглецю. Продукція спиртових заводів використовується у 150 галузях промисловості. Програмою розвитку спиртової галузі України передбачено приватизацію спиртових заводів, науково-технічне оновлення виробництва, впровадження інноваційних ресурсо- і енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій, зниження собівартості і підвищення якості кінцевого продукту, освоєння нових конкурентоспроможних видів продукції, в тому числі і паливного етанолу (біоетанолу). Отримання ректифікованого етилового спирту високої якості є пріоритетним напрямом для подальшого розвитку спиртової галузі. Вирішення цієї актуальної задачі можливе при умові більш глибокого вилучення та концен-

трування летких домішок спирту на тарілках колонного обладнання брагоректифікаційних установок (БРУ).

Для цього процеси перегонки бражки і очищення спирту проводять в автоматизованому режимі, використовують закритий обігрів колонного обладнання, збільшують кількість контактних пристроїв: в бражній колоні від 25 до 28...30, епіюраційній – від 40 до 51...57, ректифікаційній – від 78 до 88...90, сивушній – від 60 до 80, розгінній – від 40 до 60 тарілок, проводять гідроселекцію домішок в розгінній та епіюраційній колонах, збільшують зону пастеризації спирту в ректифікаційній колоні від 3-5 до 10-15 тарілок, типову БРУ дооснащують колоною кінцевого очищення, дія якої відбувається в режимі повторної епіюрації, використовують масообмінні колонні апарати циклічної дії та ін. Разом з тим підвищення ступеню вилучення летких домішок потребує збільшених витрат гріючої пари та гарячої пом'якшеної води для проведення гідроселекції [1].

В колонах БРУ одночасно з виділенням летких домішок спирту завдяки реакції етерифікації відбувається новоутворення органічних сполук, які погіршують його якість та зменшують вихід кінцевого продукту. Так, під час перегонки дозрілої бражки разом з виділенням летких органічних домішок, супровідних спирту, відбувається новоутворення низки речовин, які ускладнюють подальше очищення спирту. Так, під час взаємодії спиртів, кислот і альдегідів, продуктів розпаду амінокислот, сірчистих з'єднань та інших складових бражки в бражній колоні відбувається утворення естерів, альдегідів і ацеталей органічних кислот. За підвищеної температури в епіюраційній і ректифікаційній колонах разом з вилученням головних, проміжних і кінцевих домішок відбувається новоутворення спиртів, естерів та альдегідів.

Походження органічних летких домішок може бути різним. Деякі з них потрапляють в БРУ із сировиною, водою і паром, інші утворюються під час протікання хімічних та біохімічних реакцій в процесах бродіння, перегонки бражки і очистки спирту, а також під час зберігання ректифікованого спирту в металевих резервуарах. Присутність навіть невеликої кількості новоутворених в ректифікаційній колоні головних домішок унеможливає відбір якісного ректифікованого спирту із конденсатора цієї колонії, тому спирт зазвичай відбирають із верхніх тарілок її концентраційної частини [2].

Рух летких домішок, супутніх спирту етилового, по колонах БРУ схематично показано на рис. 1.

Теоретичні розробки П.С. Циганкова і П.Л. Шияна доводять, що ступінь розділення органічних домішок та етилового спирту залежить від різниці значень їх

коефіцієнтів випаровування. Для головних домішок (естерів та альдегідів) ця різниця приймає максимальні значення за низької концентрації спирту у розчинах – 6...8 % об. Для ефективного видалення проміжних домішок (вищих спиртів) концентрацію етилового спирту у розчинах зменшують до 4...5 % об. Для збільшення коефіцієнтів випаровування кінцевих домішок (метилового спирту) доцільно здійснювати помірну гідроселекцію та забезпечити концентрацію етанолу на тарілках в межах 60% мол. і вище. Із практичного досвіду сумісної переробки головних та сивушних фракцій відомо, що для підвищення ступеню видалення головних та частини проміжних домішок в розгінній колоні необхідно збільшити витрати гріючої пари в середньому на 28,7% (від 2,56 до 3,59 кг/кг безводного спирту) [3].

З метою отримання більш очищеного від головних та частини проміжних домішок епіурату в останній роки використовують спосіб екстрактивної ректифікації бражного дистилату. Проведення гідроселекції в епіюраційній колоні дозволяє створити умови для підвищення коефіцієнтів ректифікації летких домішок, супутніх етилового спирту, та забезпечити їх максимальне видалення з головною фракцією спирту етилового. За умови отримання спирту сортів «Люкс» або «Пшенична сльоза» мінімальний відбір головної фракції із конденсатора епіюраційної колонії становить 5 % від кількості ректифікованого спирту. При включенні в схему брагоректифікації розгінної колонії відбір головної фракції збільшують до 8...10 %. Для підвищення ступеню вилучення летких домішок спирту з головною фракцією проводять гідроселекцію домішок в епіюраційній колонії. Для цього на верхню тарілку ко-

Рис. 1. Рух летких домішок спирту по колонах БРУ

лони безперервно подають гарячу воду в кількості, що забезпечує концентрацію етилового спирту в епюраті 22...29 % об. Для проведення гідроселекції зазвичай використовують пом'якшену воду або конденсат пари з температурою 90...92 °С. Лютерну воду використовують в меншій мірі через значний вміст в ній органічних кислот, які сприяють новоутворенню органічних домішок. З метою зменшення витрат пом'якшеної води або конденсату пари та енерговитрат на нагрівання води до вищевказаної температури за умови високого ступеню очистки кубової водно-спиртової рідини від домішок для проведення гідроселекції останню подають у верхню зону концентраційної частини епюраційної колони.

В умовах високої конкурентоздатності товарного ректифікованого спирту як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках збуту в умовах сьогодення визначальними показниками його якості є концентрація в готовому продукті альдегідів, естерів та вищих спиртів сивушної олії, а саме ізопропилового і метилового спиртів. Концентрація останніх не повинна перевищувати 1,5 мг/дм³ та 0,0007 % відповідно.

Метою роботи було визначенням оптимальних технологічних режимів розгонки спиртовмісних напівпродуктів і побічних продуктів брагоректифікації в розгінній колоні, епюрації бражного дистилату в епюраційній колоні, концентрування ректифікованого спирту в спиртовій колоні та його повторної епюрації в колоні кінцевого очищення, за яких вміст органічних домішок в спирті етиловому ректифікованому був би найменшим.

Матеріали і методи. Методи досліджень – аналітичні, хімічні, фізико-хімічні з використанням приладів та методики досліджень, що застосовуються у виробництві ректифікованого етилового спирту. Концентрацію летких домішок спирту визначали на газовому хроматографі з колонкою HP FFAP 50 m×0,32 m. Аналіз дослідних проб виконували згідно ДСТУ 4222:2003 «Горілки, спирт етиловий та водно-спиртові розчини. Газохроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів».

Виклад основних результатів досліджень. Дослідження проводили у виробничих умовах Чуднівської філії ДП «Житомирський лікеро-горіланний завод». Діюча БРУ непрямої дії включала типові бражну, епюраційну, ректифікаційну колони, а також розгінну колону (РК) циклічної дії, оснащену лускоподібними тарілками. Періодичний перелив рідини з тарілки на тарілку в розгінній колоні відбувався завдяки примусовій роботі переливних пристроїв, які містили рухомі елементи і були зв'язані з приводними

механізмами (пневмоциліндрами двобічної дії типу DNT 63-100-PPV-N3). Механізми рухались почергово відповідно до програми контролера М340 фірми «Schneider Electric». Робота мехатронних підсистем на основі пневмоавтоматики відбувалася згідно заданого алгоритму за допомогою програмного забезпечення мікропроцесорного ПЛК М24 і SCADA робочого місця оператора. Інноваційна технологія циклічної ректифікації і конструкція РК були запропоновані співробітниками Національного університету харчових виробництв в тісній співпраці з ТОВ «ТІСЕР» і співробітниками інституту технічної теплофізики НАН України [6-8]. Фрагмент РК з приводними механізмами для управління рухомими клапанами тарілок показано на рис. 2.

В розгінну колону подавали головну фракцію (ГФ) в кількості 46,5 дм³ абсолютного алкоголю (а.а) на годину із конденсатора епюраційної колони, погони із конденсатора сепаратора CO₂ в кількості 16,7 дм³ а.а/год, із конденсатора бражної колони в кількості 29,2 дм³ а.а/год і сивушний спирт в кількості 7,8 дм³ а.а/год. Загальні витрати погонів живлення становили 125,4 дм³/год або 100,2 дм³/год в перерахунку на а.а. Для гідроселекції головних та частини проміжних домішок на верхню тарілку розгінної колони безперервно подавали конденсат пари. Естеро-сивушний концентрат відбирали з верхньої частини декантатора, альдегідно-метанольний концентрат – із конденсатора колони. Загальна кількість сивушно-естеро-альдегідного концентрату (СЕАК) становила 2,5 дм³/год. Водно-спиртову суміш із нижньої частини декантатора подавали у вигляді флегми на верхню тарілку колони.

Рис. 2. Фрагмент розгінної колони циклічної дії

Встановлено, що найбільш ефективне звільнення кубової рідини від летких домішок спирту відбувалося за концентрації етилового спирту в рідині 4 % об. При цьому в повній мірі видалялися естери, а ступінь видалення альдегідів і вищих спиртів сивушного масла була максимальною. Фізико-хімічні показники бражного дистиляту (БД), кубової водно-спиртової рідини (КВСП) і СЕАК приведені в таблиці 1.

Для максимального звільнення епюрату від естерів, альдегідів і верхніх проміжних домішок (вищих спиртів сивушного масла) проводили гідроселекцію в епюраційній колоні. Враховуючи ефективну ступінь очищення кубової рідини розгінної колоні від домішок з метою зменшення витрат гарячого конденсату на верхню тарілку епюраційної колоні безперервно подавали кубову рідину в кількості, що забезпечувала концентрацію етилового спирту в епюраті 26 % об. За таких умов зростала ступінь вилучення і кратність концентрування цих домішок, в тому числі ізопропілового спирту – домішки, яка є визначальною при оцінці якості готової продукції. Під час досліджень встановлено, що проведення подвійної гідроселекції дозволяє зменшити концентрацію ізопропілового і метилового спиртів в епюраті (Е2) на 74 %, вищих спиртів сивушного масла — на 42,3 % порівняно з епюратом (Е1), отриманим без проведення гідроселекції в епюраційній колоні. При цьому повністю видалялись естери, а концентрація альдегідів в епюраті зменшилась на 40 % (табл. 1).

Для визначення оптимального режиму для інтенсивного вилучення органічних домішок під час концентрування етилового спирту в ректифікаційній колоні зону пастеризації збільшували від 5 до 10 тарілок. В ході досліджень відбирали дослідні проби з 3, 5, 7 і 10-ї тарілок, рахуючи зверху, і визначали фізико-хімічні показники ректифікованого спирту для встановлення їх відповідності вимогам ДСТУ 4221:2003 для спирту «Люкс» хроматографічним методом [5].

Встановлено, що найкращі показники мала проба спирту, який відбирали з 10-ї тарілки, рахуючи зверху колоні. Для підвищення органолептичних показників ректифікованого спирту і зменшення концентрації в ньому метилового спирту до складу БРУ була включена додаткова колона – колона кінцевого очищення, яка працювала в режимі повторної епюрації. Результати хроматографічного аналізу дослідних проб 1 і 2 ректифікованого спирту, які відбирались з 5-ї і 10-ї тарілок ректифікаційної колоні і проби 3, що відбиралась з 4-ї тарілки, рахуючи знизу, колоні кінцевого очищення, приведені в табл. 2.

Із даних табл. 2 видно, що показники дослідних проб 1, 2 і 3 відповідали вимогам ДСТУ 4221:2003 [9]. Збільшення зони пастеризації в ректифікаційній колоні до 10 тарілок за рахунок збільшення загальної їх кількості дозволило зменшити в товарному спирті концентрацію альдегідів на 32,3 %, метилового спирту – на 30 %, вищих спиртів сивушної олії – на 15 %. Таким чином, підтверджено, що більш якісний спирт етиловий

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники бражного дистиляту, кубової водно-спиртової рідини розгінної колоні, концентрату домішок і епюрату

Група домішок	Концентрація, мг/дм ³				
	БД	КВСП	СЕАК	Е1	Е2
етиловий спирт, % об.	48,8	4,0	72,5	40,0	26,0
альдегіди	61,4	2,7	90886,9	4,5	1,8
естери	186,4	-	82370,4	1,6	-
метанол, %	0,044	0,13	16,72	0,027	0,010
сивушна олія	18820,0	1212,7	766063,2	7786,3	4492,1
ізопропіловий спирт	4,9	0,07	607,8	4,6	1,2

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники проб спирту з 5, 10-ї тарілок спиртової колоні і 4-ї тарілки колоні кінцевого очищення

Домішки	Концентрація, мг/дм ³		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
альдегіди	0,31	0,21	0,18
метиловий спирт	0,001	0,0007	0,0003
ізопропіловий спирт	1,94	1,65	0,93

ректифікований можливо отримати після його додаткового очищення від домішок в колоні кінцевого очищення (проба 3).

Для перевірки достовірності отриманих результатів досліджень, експлуатаційних характеристик БРУ у обраному технологічному режимі роботи колонного обладнання, що забезпечує високу ступінь очищення спирту етилового ректифікованого від летких домішок, проводили хроматографічний аналіз проб бражки (Б), бражного дистиляту (БД), емпурату (Е), головної фракції (ГФ), ректифікованого спирту (РК), кубової водно-спиртової рідини розгінної колони (КВСП) і естеро-сивушного концентрату (КЕС). Результати хроматографічного аналізу дослідних проб наведені у табл. 3.

Аналіз отриманих результатів доводить, що впровадження запропонованих технологічних заходів дозволяє підвищити ступінь вилучення і кратність концентрування летких домішок спирту та гарантувати виробництво спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс». При цьому отриманий естеро-сивушний концентрат домішок відповідав вимогам ТУ У 24.6-30219014-004 –2005 [10].

Висновки. Для підвищення ступеню вилучення органічних домішок необхідно забезпечити концентрацію етилового спирту в кубовій частині розгінної колони, яка не перевищує 4% об.; зону пастеризації в ректифікаційній колоні збільшити до 10 тарілок, зменшити концентрацію етанолу в емпураті до 22...29 % шляхом проведення гідроселекції домішок; для гідроселекції в емпуратній колоні використовувати звільнену від домішок кубову рідину розгінної колони. За таких умов органолептичні і фізико-хімічні показники ректифікованого спирту відповідають нормативним для спирту «Люкс». Для отримання спирту сорту «Пшенична сльоза» доцільно передбачити включення в схему БРУ колони кінцевого очищення в режимі повторної емпуратії. Для підвищення якості ректифікованого спирту і зменшення енерговитрат шляхом подовження часу контакту на тарілках пари та рідини перспективним напрямком є використання масообмінного обладнання циклічної дії. Запропоновані заходи вимагають обов'язкового забезпечення постійного контролю технологічних параметрів і передбачають роботу технологічного обладнання в автоматизованому режимі.

Таблиця 3. Концентрація летких органічних домішок в колонах БРУ непрямої дії

Найменування домішки	Концентрація, мг/дм ³						
	Б	БД	Е	ГФ	РС	КВСП	КЕС
Альдегіди:	205	41,9	3,7	475,3	0,14	6,3	2270,6
ацетальдегід	185	23,5	3,7	366,7	0,14	6,3	1525,2
метилацетат	20	18,4	сліди	108,6	—	сліди	745,4
Естери:	3200	1445,8	7518,9	8364,4	—	сліди	76397,8
етилацетат	3187	1079,5	7187,7	8306,1	—	сліди	75880,8
ізоамілацетат	13	1,63	сліди	38,8	—	сліди	305,7
етилбутират	сліди	304,8	331,2	7,7	—	сліди	198,5
ізобутилацетат	сліди	сліди	сліди	1,7	—	сліди	12,8
Метанол, % об.	0,015	0,033	0,083	2,2	0,0007	0,07	1,2
Сивушна олія:	6320	21781,8	18203,2	2091,6	0,66	1845,9	7608,9
ізопропанол	1,1	1,0	1,1	0,4	0,66	2,4	10,5
н-пропанол	416,5	2053,7	1053,9	322,2	—	70,9	358,2
ізобутанол	1480,5	4505,9	4211,1	1888,4	—	393,4	6450,5
н-бутанол	5,7	76,6	74,9	0,5	—	2,7	2,9
ізоамілол	4416,6	15152,1	12862,2	90,1	—	1376,6	786,8
Нетипові:	4,9	17,0	4,8	181,1	—	сліди	207,1
акролеїн	сліди	6,1	сліди	181,1	—	сліди	196,4
бутилформіат	сліди	сліди	сліди	сліди	—	сліди	7,8
кротональдегід	сліди	сліди	сліди	сліди	—	сліди	2,9
1-гексанол	4,9	11,4	4,8	сліди	—	сліди	сліди
Етанол, % об.	10,0	45,0	27,1	93,0	96,3	4,0	75,4

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Цыганков П.С.* Руководство по ректификации спирта / П.С. Цыганков, С.П. Цыганков // М.: ПИЩЕПРОМИЗДАТ, 2001. — 400 с.
2. *Технологія спирту*/ В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян та ін. // під ред. проф. В.О. Маринченко. — Вінниця: «Поділля—2000», 2003. — 496 с.
3. *Шиян П.Л.* Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.
4. *Инструкция по теххимическому и микробиологическому контролю спиртового производства.* — [Введена в действие с 01.07. 1986 г.]. — Утверждена начальником подотдела спиртовой, дрожжевой и ликеро-водочной промышленности СССР В.В. Ильиничем 15 января 1986 г. — М.: Агропромиздат, 1986. — 399 с. — (Нормативный документ Госагропрома СССР).
5. *Горілки, спирт* етиловий та водно-спиртові розчини. Газохроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів : ДСТУ 4222:2003. — [Чинний від 2004-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2003. — 18 с.
6. *Оптимизация процесса перегонки спиртовой бражки* / Ю.В. Булій, П.Л. Шиян, А.П. Дмитрук, А.М. Куц // Химия и технология пищи. — Каунас: ПИКТУ, 2015. — Т. 49, №1. — С. 20-28.
7. *Патент України 137555 B01D 3/00.* Спосіб вилучення етилового спирту із головних та сивушних фракцій / Ю.В. Булій, А.П. Дмитрук, П.А. Дмитрук. — Заявл. 17.04.19; Опубл. 25.10.19; Бюл. № 20/2019. — 8 с.
8. *Патент UA на корисну модель № 136560 B01D 3/00.* Спосіб масообміну між рідиною і парою в колонному апараті/ Ю.В. Булій, А.П. Дмитрук, П.А. Дмитрук П.А. — Заявл. 01.03.2019; Опубл. 27.08.2019; Бюл. № 16/2019. — 4 с.
9. *Спирт етиловий* ректифікований. Технічні умови: ДСТУ 4221:2003. — [Чинний від 2008-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 12 с.
10. *Концентрат естеров-сивушний.* Загальні технічні умови: ТУ У 24.6-30219014-004:2005. — 17 с.

INCREASING THE DEGREE OF EXTRACTION OF ORGANIC IMPURITIES OF RECTIFIED ALCOHOL

Bulii Yu. V.¹, Obodovych O. M.², Sydorenko V. V.²

¹National University of Food Technology, 68, Volodymyrska str., Ukraine, Kyiv, 01601, Ukraine

²Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2a, Marii Kapnist str., Kyiv, 03680, Ukraine

<https://doi.org/10.31472/tpe.1.2021.8>

Obtaining high quality rectified ethyl alcohol is a priority for the further development of the alcohol industry. The solution to this urgent problem is possible under the condition of deeper extraction and concentration of volatile alcohol impurities on the plates of the column equipment of the Distillation/Rectification Unit.

In the columns of the Distillation/Rectification Unit simultaneously with the release of volatile alcohol impurities due to the esterification reaction is the formation of organic compounds that degrade its quality and reduce the yield of the final product. Thus, during the interaction of alcohols, acids, and aldehydes, the breakdown products of amino acids, sulfur compounds, and other components of the brew in the fermentation column are the formation of esters, aldehydes, and acetals of organic acids.

The aim of the work was to determine the optimal technological modes of distillation of alcohol-containing intermediate products and by-products of the distillation/rectification process in the accelerating column, epuration of wash distillate in the epuration column, the concentration of rectified alcohol in the alcohol column, and its repeated epuration in the column of final clearance, under which the content of organic impurities in rectified ethyl alcohol would be the lowest.

Materials and methods. Research methods were analytical, chemical, physico-chemical with the use of instruments and research methods used in the production of rectified ethyl alcohol. The concentration of volatile alcohol impurities was determined on a gas chromatograph with a column of HP FFAP 50 m × 0.32 m. It is determined that to increase the degree of extraction of organic impurities it is necessary to ensure the concentration of ethyl alcohol in the column bottom of the accelerating column, which does not exceed 4% vol.; pasteurization zone in the rectification column increase to 10 plates, reduce the concentration of ethanol in the epurate to 22-29% by hydroselction of impurities; for hydroselction in the epuration column use free of impurities bottom products of the accelerating column. To

improve the quality of rectified alcohol and reduce energy consumption by extending the contact time on the plates of steam and liquid, a promising direction is the use of mass transfer equipment of cyclic mode. The proposed measures require constant monitoring of technological parameters and provide for the operation of technological equipment in an automated mode.

References 10, tables 3, figures 2.

Key words: organic impurities, ethyl alcohol, mass transfer, column, rectification.

1. Cygankov P.S., Cygankov S.P. [Alcohol rectification guide]. Moscow: PISHHEPROMIZDAT, 2001. 400 p. (Rus.)

2. Marynchenko V.O., Domaretskyi V.A., Shyian P.L. at al. [Alcohol technology]. / In V.O. Marynchenko, (Ed.). Vinnitsa: «Podillya - 2000», 2003. 496 p. (Ukr.)

3. Shyian P.L., Sosnytskyi V.V., Oliinichuk S.T. [Innovative technologies of the alcohol industry. Theory and practice: a monograph.]. Kyiv: Publishing house «Askaniia», 2009. 424 p.

4. [Instructions for technochemical and microbiological control of alcohol production] [Regulatory document of the USSR Gosagroprom]. Moscow, Agropromizdat, 1986. 399 p. DSTU 4222:2003. (Rus)

5. Horilky, spyrt etylovyi ta vodno-spyrtovi rozchyny. Hazokhromatohrafichniy metod vyznachennia vmistu mikrokomponentiv [State Standart 4222:2003. Vodka, ethyl alcohol and water-alcohol solutions. Gas chromatographic method for determining the content of microcomponents]. Kyiv, Derzhstandart Ukraine, 2003, 18 p. (Ukr.)

6. Bulii Yu.V., Shyian P.L., Dmitruk A.P., Kucz A.M. [Optimization of the distillation process of alcohol brew]. *Ximiya i texnologiya pishhi* [Chemistry and technology of food]. Kaunas: PIKTU, 2015. 49(1). pp. 20-28. (Rus.)

7. Bulii Yu.V., Dmitruk A.P., Dmitruk P.A. [Method of extracting ethyl alcohol from main and fusel fractions]. Patent Ukraine, № 137555, 2019. (Ukr.)

8. Bulii Yu.V., Dmitruk A.P., Dmitruk P.A. [The method of mass transfer between liquid and vapor in a column apparatus]. Patent Ukraine, № 136560, 2019. (Ukr.)

9. DSTU 4221:2003 *Spyrt etylovyi rektyfikovanyi. Tekhnichni umovy*. [State Standart 4221:2003 Rectified ethyl alcohol. Specifications]. Kyiv. Derzhstandart Ukraine, 2007, 12 p. (Ukr.).

10. *Esterofusel concentrate*. General technical conditions. TU U 24.6-30219014-004:2005, 17 p. (Ukr.).

Отримано 04.02.2021

Received 04.02.2021