

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЖУРАВСЬКИЙ ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 663.551.24

**РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНОЇ НИЗЬКОІНВЕСТИЦІЙНОЇ
ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТУ В БРАГОРЕКТИФІКАЦІЇ**

05.18.07 – Технологія продуктів бродіння

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському науково-дослідному інституті спирту і біотехнології продовольчих продуктів Міністерства аграрної політики України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, академік УТА
Міхненко Євгеній Олександрович,
Український науково-дослідний інститут спирту і біотехнології продовольчих продуктів, заступник директора з наукової роботи

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент АТНУ
Маринченко Віктор Опанасович,
Національний університет харчових технологій,
професор кафедри біотехнології продуктів бродіння, екстрактів і напоїв

кандидат технічних наук, академік УТА
Сосницький Віталій Володимирович,
Державний концерн „Укрспирт”,
перший заступник голови

Провідна установа: Національний інститут винограду і вина „Магарач”
Української академії аграрних наук, м. Ялта

Захист відбудеться “7” лютого 2007 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 в Національному університеті харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “28” січня 2006 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради, кандидат технічних
наук

С.І. Літвинчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Залежність України від імпорту енергоносіїв обумовлює необхідність створення енергозбережних технологій для підвищення ефективності суспільного виробництва, яка набула ще більшої актуальності в зв'язку з постійним підвищенням цін на енергоносії.

Важливою умовою технічного прогресу в спиртовій промисловості є розробка та впровадження у виробництво енергозбережних технологій брагоректифікації етилового спирту.

Розроблені енергозбережні брагоректифікаційні установки (БРУ) з високим ступенем енерготехнологічного комбінування, такі як БРУВАК-1, БРУВАК-2 та інші, забезпечують суттєве зменшення питомої витрати грючої пари в порівнянні з найбільш поширеною в Україні брагоректифікаційною установкою непрямої дії (БРУНД), але вони потребують значних капітальних вкладень для їх реалізації.

З метою заощадження води з природних джерел потребує також вирішення проблема застосування повітря для конденсації водно-спиртової пари в системі конденсації БРУ.

Тому проблема розробки і впровадження енергозбережної низькоінвестиційної технології спирту в брагоректифікації та дефлегматорів повітряного охолодження (ДПО) є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась згідно з цільовим науково-технічним проектом Міннауки України „Розробка високоефективної технології виробництва ректифікованого спирту з вуглеводмісної сировини” (ДР № 0197U015051), завданням програми Державного концерну „Укрспирт” по прискоренню науково-технічного прогресу в спиртовій галузі „Розробити та впровадити раціональну енергозберігаючу техніку і технологію ректифікації спирту з організацією виробництва БРУ в Україні” (ДР № 0194U016633), господарчими договорами з підприємствами спиртової галузі і планами НД та ДКР УкрНДІспиртбіопрод.

Особистий внесок автора полягає у виконанні науково-дослідних робіт за вказаними темами, проведенні експериментальних і промислових досліджень, обробленні та аналізу отриманих результатів, розробленні нормативно-технічної документації, апробації і впровадженні нової технології у виробництво.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є дослідження, наукове обґрунтування, розроблення та впровадження у виробництво енергозбережної низькоінвестиційної технології брагоректифікації спирту та БРУ, а також дефлегматорів повітряного охолодження.

У відповідності з визначеною метою сформульовано основні задачі роботи:

- вибрати оптимальний тиск в ректифікаційній колоні для здійснення енергозбережної низькоінвестиційної технології брагоректифікації спирту;

- дослідити вплив деяких факторів на флегмове число, витрату гріючої пари та продуктивність ректифікаційної колони енергозбережної низькоінвестиційної БРУ при виробництві спирту етилового технічного марки А і Б з пониженою концентрацією (до 90% об.);

- обґрунтувати вибір енерготехнологічних зв'язків і параметрів та розробити енергозбережну низькоінвестиційну технологію брагоректифікації спирту;

- виконати енергетичний та термодинамічний аналіз енергозбережної низькоінвестиційної БРУ;

- впровадити енергозбережну низькоінвестиційну технологію брагоректифікації спирту та установку і відпрацювати параметри технологічного режиму на розробленій БРУ;

- визначити оптимальну кількість тепла для відведення в дефлегматорах повітряного охолодження;

- виконати експериментальні дослідження теплообмінників з повітряним охолодженням для застосування їх в якості дефлегматорів повітряного охолодження в системі конденсації водно-спиртової пари з колон БРУ. Уточнити методику розрахунку ДПО та організувати їх серійний випуск для спиртового виробництва;

- дослідити розподіл концентрацій домішок спирту по висоті теплообмінних труб дефлегматора повітряного охолодження за різних схем його підключення в систему конденсації водно-спиртової пари з колон БРУ;

- розробити енергозбережну низькоінвестиційну технологію брагоректифікації спирту та БРУ з дефлегматорами повітряного охолодження;

- розробити технологічний регламент на експлуатацію енергозбережної низькоінвестиційної БРУ;

- розробити інструкцію з експлуатації дефлегматорів повітряного охолодження.

Об'єкт дослідження – технологія брагоректифікації спирту етилового ректифікованого та спирту етилового технічного марки А і Б, система конденсації водно-спиртової пари з дефлегматорами повітряного охолодження.

Предмет дослідження – спирт етиловий ректифікований, дефлегматор повітряного охолодження, домішки спирту в дефлегматорі повітряного охолодження.

Методи досліджень – методи аналізу теплових та ексергетичних балансів, взаємозалежності параметрів ректифікаційної колони, методи розрахунку дефлегматора повітряного охолодження та аналізу спирту і спиртопродуктів.

Наукова новизна одержаних результатів:

- науково обґрунтовано і розроблено технологію і апаратурно-технологічну схему енергозбережної низькоінвестиційної брагоректифікаційної установки зі ступінчато-послідовним використанням низькопотенційного тепла пари бражного дистиляту для обігріву епюраційної колони та догріву бражки;

- вперше встановлено вплив концентрації етанолу в ректифікованому спирті та співвідношення виварних і концентраційних тарілок на флегмове число, витрату гріючої пари та продуктивність ректифікаційної колони енергозбережної низькоін-

вестиційної БРУ при виробництві спирту етилового технічного марки А і Б з пониженою концентрацією (до 90 %об.);

- з урахуванням технологічних особливостей виробництва спирту етилового ректифікованого вперше розроблено дефлегматор повітряного охолодження для конденсаційної системи брагоректифікаційних установок, визначено оптимальні умови його роботи при конденсації водно-спиртової пари з колон БРУ та визначено розподіл домішок спирту по висоті теплообмінних труб ДПО.

Новизну та ефективність розробленої технології брагоректифікації спирту та енергозбережної низькоінвестиційної БРУ підтверджено патентами України №№ 11936, 39216, 19734, 29990 А, 39612, 54246, Російської Федерації № 2081651, 1464463 і Республіки Білорусь № 4083.

Практичне значення одержаних результатів:

- на основі проведених досліджень розроблено енергозбережну низькоінвестиційну технологію брагоректифікації спирту і БРУ;

- проведено реконструкцію діючої БРУНД для реалізації розробленої технології брагоректифікації спирту на Ковалівському спиртовому заводі. Низькоінвестиційну енергозбережну БРУ Ковалівського спиртового заводу здано відомчій комісії, а також впроваджено на семи спиртових заводах в Україні і двох - в Республіці Білорусь;

- розроблено „Виробничий технологічний регламент на виробництво спирту етилового ректифікованого із харчових видів сировини на брагоректифікаційній установці під малим вакуумом типу БРУВАК-М. Ч. II. Брагоректифікація”, затверджений концерном „Укрспирт”;

- за уточненою методикою виконано розрахунки, розроблено креслення, виготовлено і вперше впроваджено в систему конденсації водно-спиртової пари з колон БРУ дефлегматор повітряного охолодження, який здано міжвідомчій комісії. Розроблений дефлегматор повітряного охолодження впроваджено в систему конденсації БРУ на шести спиртових заводах в Україні;

- розроблено і затверджено Державним концерном “Укрспирт” “Технологическую инструкцию по монтажу и эксплуатации дефлегматоров воздушного охлаждения в системе брагоректификационных установок”;

- на Сторонибаському та Борщівському спиртових заводах здійснено комплексне впровадження енергозбережної низькоінвестиційної БРУВАК-М з ДПО.

Особистий внесок здобувача полягає в організації і проведенні наукових експериментів, а також в обробленні і узагальненні їх результатів;

- в участі у розробленні технологічної схеми енергозбережної низькоінвестиційної БРУВАК-М, у впровадженні її у виробництво та відпрацюванні технологічних режимів;

- у проведенні розрахунків, розробленні конструкції та креслень і впровадженні в систему конденсації водно-спиртової пари з колон БРУ дефлегматорів повітряного охолодження;

- у проведенні досліджень розподілу домішок спирту по висоті теплообмінних труб ДПО;

- у безпосередній участі в розробленні нормативно-технічної документації, написанні наукових статей і підготовленні заявок на винаходи;

Автор висловлює щирю подяку співробітникам відділу масообмінних технологій УкрНДІспиртбіопрод за співпрацю при виконанні дисертаційної роботи.

Апробація результатів дисертації здійснювалась на засіданнях вченої ради УкрНДІспиртбіопрод у 1985-87 рр. та у 1994-1996 рр.; у ВНДІХБТ на “Конференции молодых ученых и специалистов по пищевой биотехнологии» в м. Руза Московської обл., 1989 р.; на третій Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 70-річчю утворення ВНДІХБТ «Научно-практичный прогресс в спиртовой и ликеро-водочной отрасли промышленности», м. Москва, 2001 р.; на XI Міжнародній науковій конференції „Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв”, м. Одеса, 2006 р.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 16 друкованих наукових праць, у тому числі 4 статті, опубліковані у наукових фахових виданнях, 6 патентів України, 2 патенти Російської Федерації, 1 патент Республіки Білорусь.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота викладена на 126 сторінках основного тексту, містить 25 рисунків та 19 таблиць. До неї додається 13 додатків на 85 сторінках. Список використаних джерел на 13-ти сторінках містить 130 назв.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено мету і завдання досліджень, визначено наукову та практичну цінність роботи.

У першому розділі „СУЧАСНІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЇ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ” на підставі даних науково-технічної і патентної інформації проаналізовано сучасний стан вітчизняних та зарубіжних енергозбережних технологій брагоректифікації спирту та установок.

Розглянуто відомі прийоми енергозбереження: багатократне ступінчато-послідовне використання тепла гріючої пари; застосування термо- та турбокомпресії; рекуперацію тепла водно-спиртової пари, барди та лютерної води; оптимізацію взаємозв'язку між елементами БРУ та умов проведення брагоректифікації; роботу окремих елементів БРУ під вакуумом; виробництво спирту зі зменшеною концентрацією; використання розділення домішок спирту в підігрівниках бражки і дефлегматорах.

Також розглянуто різні типи дефлегматорів: кожухотрубні, вертикального та горизонтального типу; пластинчасті; апарати повітряного охолодження, які набули

широкого застосування в хімічній та нафтохімічній промисловості, відмічено їх переваги та недоліки. Сформульовано висновки та задачі досліджень.

У другому розділі „ОБ’ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ” наведено технологічну схему та опис роботи експериментальної енергозберезної низькоінвестиційної брагоректифікаційної установки БРУВАК-М Ковалівського спиртового заводу.

Також наведено технологічну схему, опис та технічну характеристику обладнання дослідно-промислової ректифікаційної установки Лужанського експериментального заводу (рис. 1).

Особливістю дослідно-промислової ректифікаційної установки є те, що конденсацію водно-спиртової пари з ректифікаційної колони здійснювали повітрям в дефлегматорі повітряного охолодження, який працював в режимі проточної і протитечії парової і рідкої фаз.

На основі матеріальних та теплових балансів колон установки визначено кількісну характеристику основних теплових потоків.

Аналіз теплових балансів колон БРУ з урахуванням явища парціальної конденсації пари бражного дистилляту в кип’ятильнику епюраційної колони (ЕК), підігрівнику бражки бражної колони (БК) та конденсаторі здійснювали за відомими методиками з використанням розроблених нами математичних моделей фазової рівноваги системи етиловий спирт - вода, побудованої в координатах температура – склад ($t - X, Y$) та розроблених залежностей температури кипіння (t), ізобарної теплоємності (C_p) та теплоти пароутворення (r) суміші етиловий спирт – вода за різних умов.

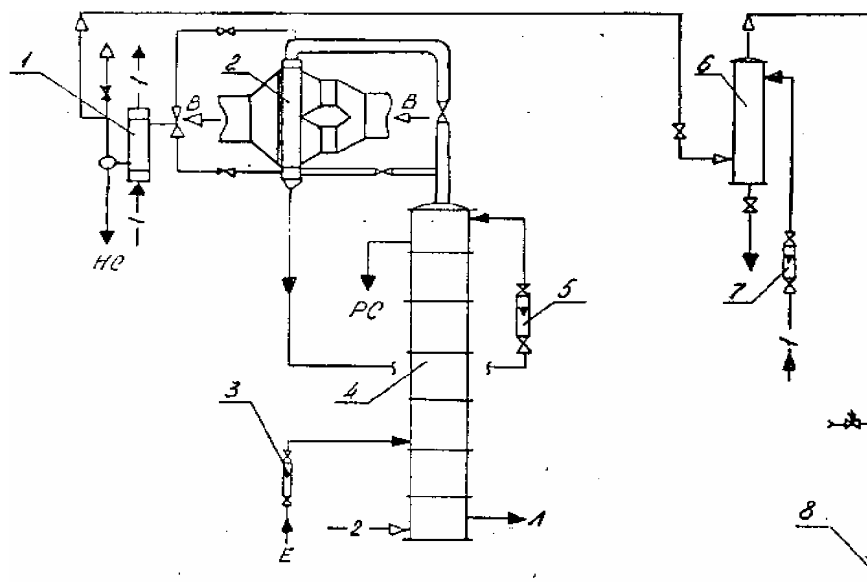


Рис.1. Технологічна схема дослідно-промислової ректифікаційної установки з дефлегматором повітряного охолодження: 1–конденсатор; 2–ДПО; 3,5,7–ротаметри; 4–ректифікаційна колона; 6–барометричний конденсатор; 8–вакуум-насос

Дослідження впливу різних параметрів на роботу ректифікаційної колони (РК) проводили з використанням методики розрахунку колони за теоретичними ступенями розділення „від тарілки до тарілки” з урахуванням гідравлічного опору тарілки.

Для проведення термодинамічного аналізу елементів енергозбережної низькоінвестиційної установки БРУВАК-М використовували методику термодинамічного аналізу процесів хімічної технології, яка базується на ексергетичному балансі термодинамічної системи.

Термодинамічну ефективність технологічних елементів БРУВАК-М визначали за допомогою коефіцієнтів інтенсивності (η_i) та ексергетичних втрат ($\eta_{\text{втр}}$).

$$h_i = \frac{N}{E_{\text{втр}}} = \frac{N}{N + D}, \quad (1)$$

$$h_{\text{втр}} = \frac{D}{E_{\text{вх}}}, \quad (2)$$

де N , D – відповідно, корисний ефект та ексергетичні втрати, кДж; $E_{\text{вх}}$, $E_{\text{втр}}$ – відповідно, ексергія підведена в елемент і витрачена на ведення процесу, кДж.

Коефіцієнти h_i і $h_{\text{втр}}$ розраховано на основі повного ексергетичного балансу установки.

Ексергію потоку речовини (в розрахунку на 1 дал спирту) визначали з рівняння

$$E = m (i_1 - i_0 - T_0 (S_1 - S_0)) = m (i_1 - i_0 - T_0 \Delta S), \quad (3)$$

де m – маса потоку речовини в розрахунку на 1 дал спирту, кг; i_1 , i_0 – відповідно, ентальпія потоку речовини в даному стані і в стані рівноваги з навколишнім середовищем, кДж/кг; S_1 , S_0 – відповідно, ентропія потоку речовини в даному стані і в стані рівноваги з навколишнім середовищем, кДж/(кг·К); T_0 – температура навколишнього середовища, К.

Значення ΔS для водно-спиртових сумішей визначали з рівняння

$$\Delta S = \int_{T_0}^T \frac{C_p dT}{T}, \quad (4)$$

де C_p – істинна масова теплоємність речовини, кДж/(кг·К); T – температура потоку речовини, К.

Для водно-спиртової пари ΔS визначали з рівняння:

$$\Delta S = \int_{T_0}^{T_{\text{кип}}} \frac{C_p dT}{T_{\text{кип}}} + \frac{r}{T_{\text{кип}}}, \quad (5)$$

де r – прихована теплота пароутворення, кДж/кг.

Для розрахунку дефлегматора повітряного охолодження використовували уточнену нами методику теплового і аеродинамічного розрахунку апаратів повітряного охолодження ВНДІНАФТОМАШ.

Проби для аналітичних досліджень відбирали при стабільному технологічному режимі і аналізували за відомими методиками.

Третій розділ „ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНА НИЗЬКОІНВЕСТИЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЇ ТА УСТАНОВКА БРУВАК-М” присвячений обґрунтуванню енерготехнологічних параметрів колон установки.

З метою застосування у ректифікаційній колоні БРУВАК-М принципу концентрування спирту за тиску нижче атмосферного, а виварювання – за тиску вище атмосферного проведено розрахунки ректифікаційної колони, яка містить 37 теоретичних тарілок (т.т.), в тому числі 8 т.т. вичерпуючих і 4 т.т. пастеризуючих з урахуванням гідравлічного опору ΔP , для значень: тиску над верхньою тарілкою $P_B = 75, 80, 85$ кПа; концентрацій етанолу в ректифікованому спирті - $X_{ДР} = 96,2; 96,3; 96,5$ % об., в епюраті $X_e = 20; 35; 40; 60$ % об. і в лютерній воді - $X_L = 0,005$ % об. Визначено залежність витрати гріючої пари (P_p) і флегмового числа (V) від тиску над верхньою тарілкою РК (P_B) (рис.2).

Доведено, що оптимальним тиском для РК в системі БРУВАК-М слід вибирати тиск над верхньою тарілкою $P_B = 80$ кПа і у виварній камері - $P_H = 109,6$ кПа. За таких умов роботи РК виявлено такі переваги:

- концентрування спирту здійснюється за тиску нижче атмосферного, а виварювання - за деяким надлишковим тиском;

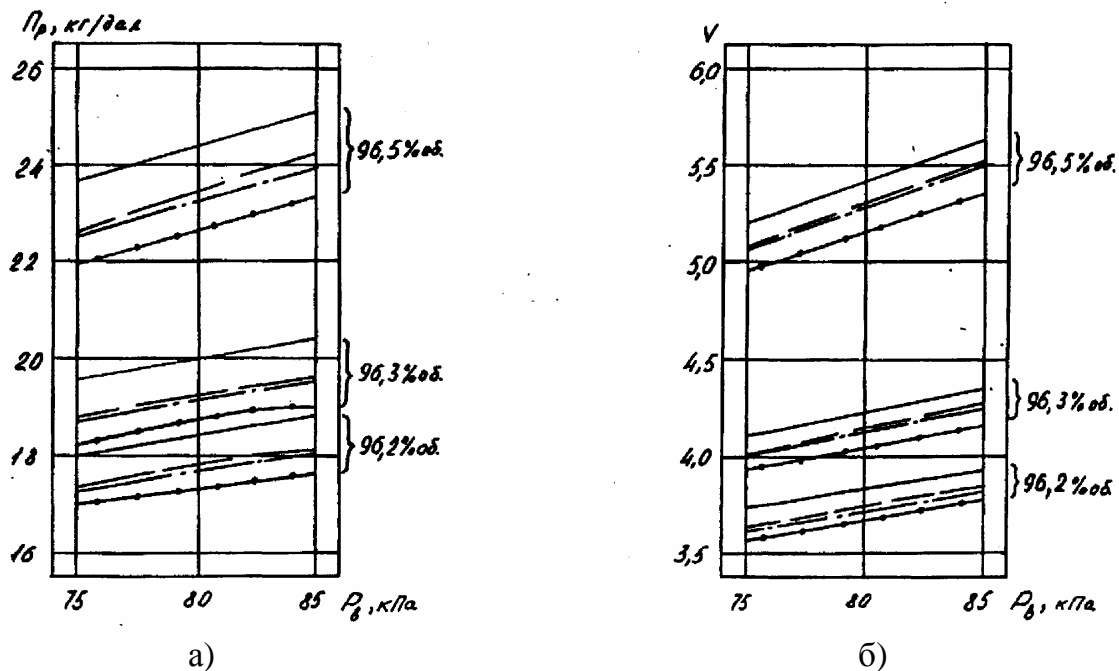


Рис.2. Залежність: а) витрати гріючої пари P_p і б) флегмового числа V від тиску P_B , концентрації етанолу в спирті ректифікованому і в живленні
 ——— $X_e=20\%$ об.; — — $X_e=35\%$ об.; — · — $X_e=40\%$ об.; ——— $X_e=60\%$ об.

- за рівних технологічних параметрів на 4,5...5 кг/дал зменшується витрата гріючої пари на РК у порівнянні з РК БРУНД;

- виключається необхідність у виконанні робіт з механічного укріплення ректифікаційної і епюраційної колон та їхніх дефлегматорів;

Для переобладнання БРУНД у БРУВАК-М із додаткового обладнання необхідні тільки рекуперативний кип'ятильник ЕК (зазвичай використовують

кип'ятильник БК з типової комплектації БРУНД), вакуум-насос і барометричний конденсатор, який легко виготовити в умовах спиртового заводу.

Для зручності управління технологічним процесом на БРУВАК-М тиск над верхньою тарілкою ЕК вибрано рівним тиску P_B РК, тобто 80 кПа. З урахуванням ΔP тиск у кубі ЕК, яка має 20 т.т., становить $P_H=96$ кПа. За таких умов при $X_e = 35$ % об. температура кипіння епюрату становить $t_e=82,5$ °С, тобто Δt між парою бражного дистилляту і епюратором, а також потенціалу цієї пари достатньо для обігріву ЕК і догріву бражки до 85 °С.

Виконано обґрунтування інших енерготехнологічних параметрів і зв'язків та розроблено технологічну схему енергозбережної низькоінвестиційної технології брагоректифікації та установки БРУВАК-М.

Виведено математичну залежність V від $X_{др}$ і P_B при $X_e = 40$ % об. для РК, що містить 37 т.т., з яких 8 т.т. вичерпуючих і 4 т.т. пастеризуючих

$$V = 10^5 / [(A-B \cdot X_{др}) \cdot X_{др}^2], \quad (6)$$

де $A = 793,1/P_B + 265,5 + 0,06377 \cdot P_B$; $B = 7,783/P_B + 2,728 + 0,0007512 \cdot P_B$; $X_{др}$ – концентрація етанолу в ректифікованому спирті, % об.; P_B – тиск над верхньою тарілкою, кПа.

Залежність справедлива для $X_{др} = 95,1 \dots 96,5$ % об. і $P_B = 25 \dots 130$ кПа з відносною похибкою 2,7 %.

Виконано математичне моделювання виробництва спирту етилового технічного марки А і Б (зі зменшеною концентрацією алкоголю) на ректифікаційній колоні, яка містить 37 т.т., з яких 4 т.т. – пастеризуючи, з гідравлічним опором однієї теоретичної тарілки $\Delta P=0,8$ кПа. Розрахунки виконано для визначення впливу концентрації етанолу в ректифікованому спирті ($X_{др}$) і в живленні (X_e), тиску (P_B) над верхньою тарілкою РК та співвідношення кількості виварних і концентраційних тарілок в колоні – на флегмове число (V), витрату гріючої пари (P_p) і продуктивність (D_p) ректифікаційної колони. Показано, що $X_{др}$ найбільш істотно впливає на V , P_p і D_p . Наприклад зменшення $X_{др}$ з 96,0 % об. до 90,0 % об. зменшує питому витрату гріючої пари майже в два рази, а продуктивність РК при цьому, майже в два рази зростає. Також показано, що зміна співвідношення виварних і концентраційних тарілок РК, для різних концентрацій спирту в живленні, в середньому зменшує витрату гріючої пари на 0,2 кг/дал.

Математичною обробкою результатів одержано залежності витрати гріючої пари P_p та продуктивності D_p РК від $X_{др}$, X_e і P_B :

$$P_p = 3678,22 - 0,5914 \cdot P - 79,5709 \cdot X + 0,006431 \cdot P \cdot X + 0,431131 \cdot X^2; \quad (7)$$

$$D_p = 557,23 \cdot P + 31763,7 \cdot X - 0,3585 \cdot P^2 - 5,0436 \cdot P \cdot X - 171,5982 \cdot X^2 - 1467900,$$

(8)

де $P=P_B$ – тиск над верхньою тарілкою РК, кПа; $X=X_{др}$ – концентрація етанолу в ректифікованому спирті, % об.

Середня відносна похибка не перевищує 4,8 % для P_p і 2,1 % для D_p .

З метою оцінки розробленої технології брагоректифікації та установки з точки зору споживання гріючої пари (з урахуванням явища парціальної конденсації пари бражного дистилляту) виконано розрахунки матеріальних і теплових балансів БРУВАК-М.

Як показали розрахунки, сумарна витрата гріночої пари в розробленій БРУВАК-М складає 36,9 кг/дал, що на 31 % менше ніж в БРУНД. Діаграму теплових потоків БРУВАК-М наведено на рис.3.

Дані ексергетичного балансу показали, що загальна втрата ексергії з бардою, лютерною водою і водою з дефлегматорів на БРУВАК-М складає 6332,6 кДж/дал, що на 43,8 % менше, ніж на БРУНД.

Виконано термодинамічний аналіз БРУВАК-М на підставі ексергетичного балансу елементів установки й оцінки коефіцієнтів інтенсивності (η_i), а також ексергетичних втрат ($\eta_{втр}$), які розраховували окремо для процесів тепло- і масообміну (табл.1).

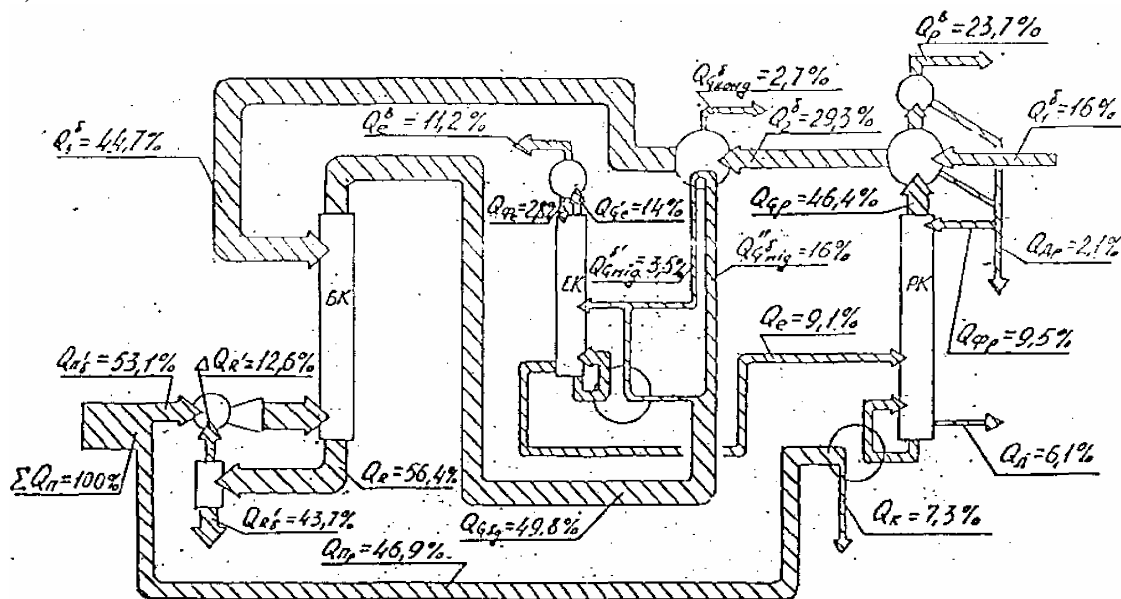


Рис. 3 Діаграма теплових потоків БРУВАК-М

Таблиця 1

Коефіцієнти термодинамічної ефективності технологічних елементів БРУВАК-М

Назва елементів установки	η_i	$\eta_{втр}$
Бражна колона	0,86	0,11
Епюраційна колона	0,1	0,61
Ректифікаційна колона	0,13	0,66
Кип'ятильник ЕК	0,85	0,04
Кип'ятильник РК	0,78	0,19
Дефлегматор ЕК	0,42	0,39
Підігрівник бражки БК	0,75	0,1
Підігрівник бражки РК	0,47	0,13
Дефлегматор РК	0,42	0,36

Термодинамічна ефективність більшості елементів БРУВАК-М вища від аналогічних елементів БРУНД, а вибраний технологічний режим забезпечує роботу

розробленої енергозбережної низькоінвестиційної брагоректифікаційної установки з більш високою термодинамічною ефективністю, ніж БРУНД.

Експериментальну перевірку працездатності енергозбережної низькоінвестиційної технології брагоректифікації та установки БРУВАК-М проведено на реконструйованій БРУНД Ковалівського спиртового заводу продуктивністю 3000 дал спирту за добу. Під час відомчих випробувань було уточнено параметри технологічного режиму установки (табл.2). Продуктивність установки відповідала паспортній. На установці виробляли спирт вищої очистки, показники якості якого наведено в табл. 3, фракція головна і сивушне масло відповідали вимогам чинних нормативів.

Таблиця 2

Основні параметри технологічного режиму БРУВАК-М

Назва технологічного параметру	Колони		
	БК	ЕК	РК
1	2	3	4
Тиск, кПа: - у виварній камері - над верхньою тарілкою	120...124 105...107	92...94 80...82	108...110 80...82
Температура, °С: - у виварній камері - над тарілкою живлення	104...105 93...94	80...82 -	101...102 83...85

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники спирту етилового ректифікованого одержаного під час відомчих випробувань

Назва показника	Показники
Об'ємна частка етилового спирту, за температури 20°С, %	96,55
Проба на чистоту з сірчаною кислотою	витримує
Проба на окислюваність за температури 20°С, хв.	21
Масова концентрація альдегідів, у перерахунку на оцтовий альдегід в безводному спирті, мг/дм ³	< 2,0
Масова концентрація сивушного масла, в перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів (3:1) в безводному спирті, мг/дм ³	< 3,0
Масова концентрація ефірів, у перерахунку на оцтоуетиловий ефір в безводному спирті, мг/дм ³	15,95
Масова концентрація вільних кислот (без СО ₂), в перерахунку на оцтову кислоту, в безводному спирті, мг/дм ³	6,95

Розроблену БРУВАК-М Ковалівського спиртозаводу здано відомчій комісії Державного концерну „Укрспирт”. Комісією зафіксовано питому витрату гріючої пари 46 кг/дал. Річний економічний ефект склав 75000 грн./рік за цінами 1996 року.

Четвертий розділ „РОЗРОБЛЕННЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ В СИСТЕМУ КОНДЕНСАЦІЇ БРУ”. Для проведення розрахунків та розроблення конструкції ДПО для умов конденсації водно-спиртової пари на дослідно-промисловій ректифікаційній установці з дефлегматором повітряного охолодження (рис.1) проведено дослідження та визначено коефіцієнт теплопередачі, який знаходиться в межах 27...40 Вт/(м²·К). Також проведено дослідження по визначенню розподілу домішок спирту по висоті теплообмінних труб ДПО при його роботі в режимі прототечії парової і рідкої фаз, тобто при підведенні водно-спиртової пари у верхню камеру ДПО (3) і відведенні флегми із нижньої камери та в режимі протитечії парової і рідкої фаз, коли водно-спиртову пару підведено в нижню камеру ДПО і відведення флегми здійснюється також з нижньої камери.

З метою серійного виготовлення ДПО одного типорозміру та подальшого комбінування їх кількості для окремих колон БРУ різної продуктивності розрахунки ДПО виконано для ректифікаційної колони, найбільш поширеної в спиртовій галузі БРУНД продуктивністю 3000 дал спирту за добу. Визначено, що в одному ДПО необхідно відводити 480 кВт тепла, а застосування одного ДПО на ЕК і двох ДПО на РК БРУНД продуктивністю 3000 дал спирту за добу дає змогу зменшити витрату охолоджуючої води з природних джерел на БРУ до 50%. Технічну характеристику розробленого ДПО наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Основна технічна характеристика розробленого ДПО

Назва показника	Величина
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2700
ширина	1370
висота	4465
Потужність електродвигуна вентилятора, кВт·год	0,75
Швидкість повітря у вузькому перерізі ДПО, м/с	7,7
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)	39,3
Коефіцієнт ребристості	14,6
Внутрішня поверхня теплообміну ДПО, м ²	26,1
Ребриста поверхня теплообміну, м ²	499

З урахуванням одержаних нових даних за виконаними нами розрахунками і кресленнями виготовлено дослідний зразок ДПО, який підключено в систему конденсації водно-спиртової пари з ЕК БРУНД продуктивністю 6000 дал спирту за добу Маловисківського спиртового заводу (рис.4).

Для визначення розподілу домішок спирту по висоті теплообмінних труб ДПО, в точках I, II і III відбирали проби конденсату водно-спиртової пари, які аналі-

аналізували за допомогою газового хроматографа. Результати аналізів наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Масова концентрація домішок спирту по висоті теплообмінних труб ДПО

№ точки відбору	Назва та вміст домішок											Метиловий спирт, % об.
	Альдегіди мг/дм ³	Естери, мг/дм ³					Сивушні спирти, мг/дм ³					
	Альдегіди	метилацетат	етилацетат	ізобутилацетат	ізоамилацетат	етилбутират	н-пропанол	ізопропанол	н-бутанол	ізобутанол	ізоамілол	
I	803	175,6	5212	78,6	3,46	93,2	263	519	1,74	105	19,4	0,0193
II	489	57,5	1802	39,2	4,36	98,6	447	411	0,56	219	53,6	0,0130
III	284	14,6	1776	26,8	7,46	100,8	408	292	0,50	236	99,0	0,0097

Результати аналізів показали, що в теплообмінних трубах ДПО відбувається суттєве концентрування домішок спирту головного характеру, а також метанолу, що позитивно впливає на їх виведення в концентрованому вигляді з фракцією головною етилового спирту, тим самим покращуючи якість спирту етилового ректифікованого.

Дослідний зразок ДПО здано міжвідомчій комісії. Економія охолоджуючої води становить 210...220 м³/добу або 0,04 м³/дал. Економічний ефект від застосування ДПО на Маловисківському спиртовому заводі складає 81,6 млн. крб. на рік за цінами 1996 року.

На підставі результатів досліджень та проведених розрахунків розроблено технологічну схему БРУВАК-М з ДПО (рис.5), яку впроваджено на Борщівському та Сторонибаському спиртових заводах.

Тривала експлуатація БРУВАК-М з ДПО на Борщівському і Сторонибаському спиртових заводах показала високу ефективність при виробництві спирту етилового ректифікованого марки "Люкс". Річний економічний ефект для Борщівського спиртового заводу складає 358900 грн. в цінах 2001 року.

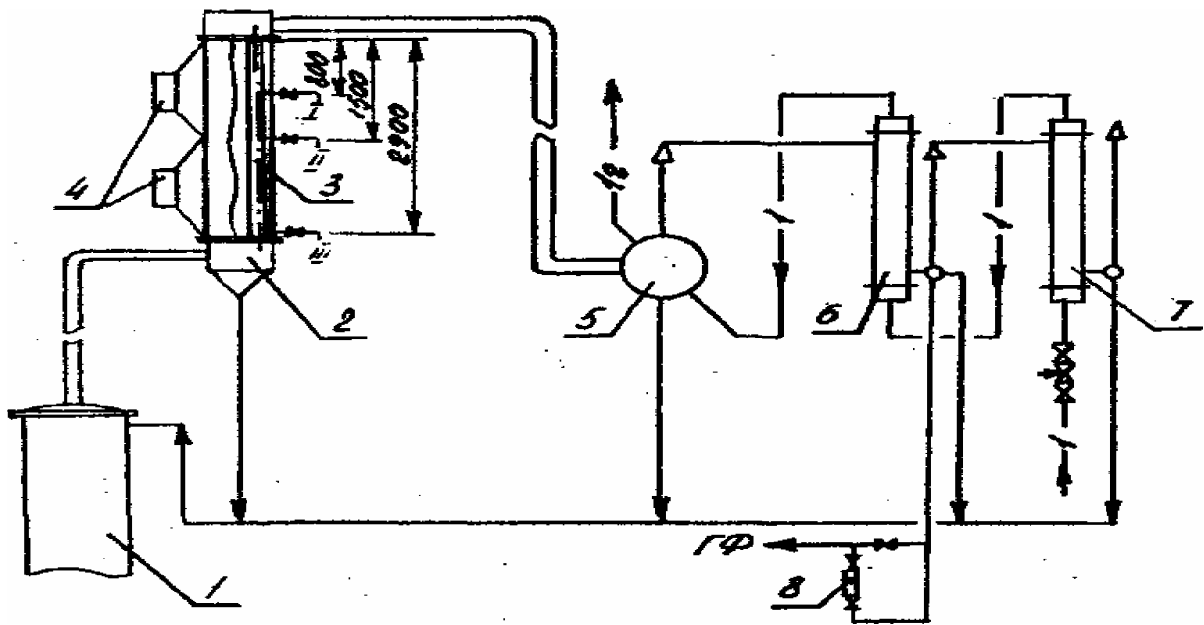


Рис.4 Схема підключення ДПО до епюраційної колони БРУНД: 1–епюраційна колони; 2 – ДПО; 3 – пучок теплообмінних труб; 4 – вентилятори; 5 – дефлегматор; 6-конденсатор; 7-спиртоуловлювач; I, II, III – точки відбору проб по висоті теплообмінних труб; ГФ – фракція головна етилового спирту

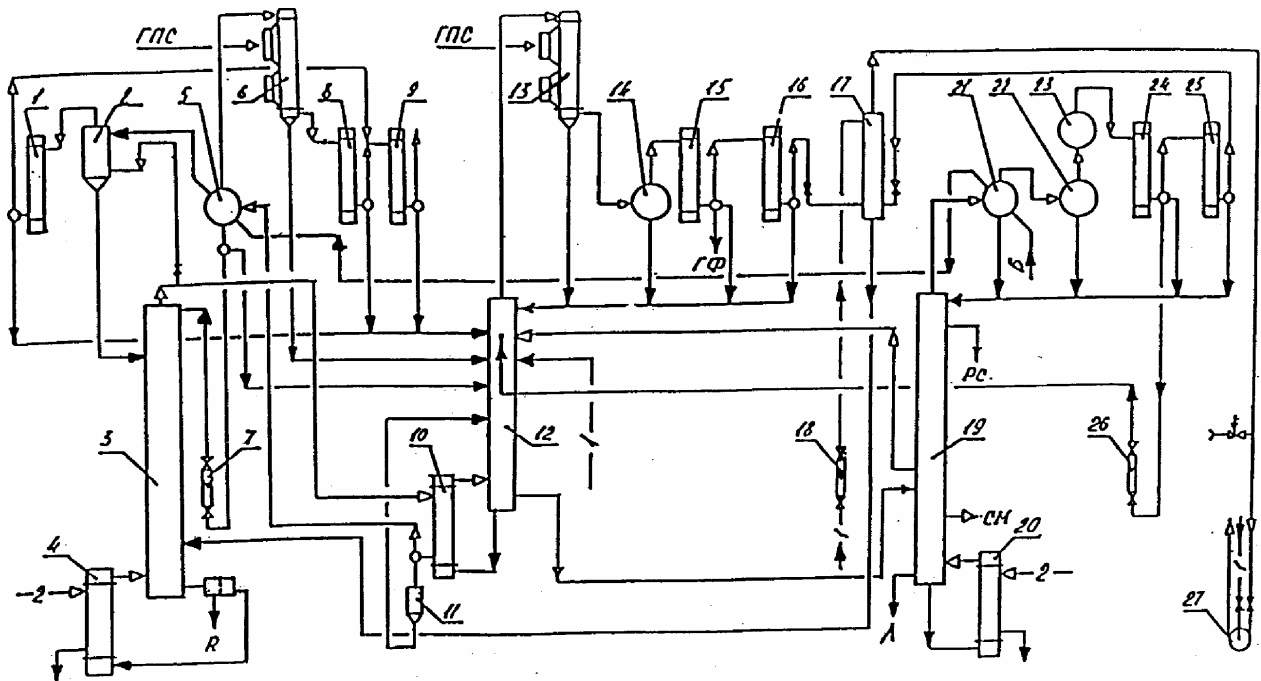


Рис.5 БРУВАК-М з ДПО Борщівського спиртового заводу: 3-БК; 12-ЕК; 19-РК; 5,21-підігрівники бражки; 14,22,23-дефлегматори; 6,13-ДПО; 2-декарбонізатор; 1,8,9,15,16,24,25-конденсатори; 4,10,20 – кип'ятильники; 7,18,26-ротаметри; 11-збірник; 17-барометричний конденсатор; 27-вакуум-насос; Б-бражка; ГФ-фракція головна етилового спирту; РС – спирт ректифікований; СМ – сивушне масло; R – барда; ГПС – газоповітряна суміш; Л – лютерна вода

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень науково обґрунтовано, розроблено і впроваджено у виробництво енергозбережну низькоінвестиційну технологію брагоректифікації спирту та установку БРУВАК-М. Одержано нові дані коефіцієнтів теплопередачі в ДПО і враховано їх при проведенні розрахунків, розроблено та впроваджено в систему конденсації водно-спиртової пари з колон БРУ дефлегматори повітряного охолодження. Проведено дослідження розподілу домішок спирту по висоті теплообмінних труб ДПО. Технологію та установку, а також ДПО забезпечено нормативно-технічною документацією, здано відомчій та міжвідомчій комісіям і захищено патентами України, Російської Федерації та Республіки Білорусь.

З одержаних результатів роботи можна зробити такі висновки:

1. На підставі проведених розрахунків визначено взаємозв'язок між робочим тиском, концентрацією спирту в живленні і дистилляті та флегмовим числом і витратою гріючої пари для РК, яка містить 37 т.т., 8 з яких вичерпуючих і 4 пастеризуючих і значень концентрації спирту в епюраті $X_e = 20; 35; 40; 60$ % об., в дистилляті РК $X_{др} = 96,2; 96,3; 96,5$ % об. і тиску над верхньою тарілкою $P_v = 75; 80; 85$ кПа з урахуванням гідравлічного опору однієї теоретичної тарілки ΔP . Вибрано оптимальний тиск над верхньою тарілкою ректифікаційної колони ($P_v = 80$ кПа) для реалізації енергозбережної низькоінвестиційної технології брагоректифікації.

2. Визначено вплив концентрації етанолу в ректифікованому спирті та співвідношення кількості виварних і концентраційних тарілок на флегмове число (V), витрату гріючої пари (P_p) та продуктивність (D_p) ректифікаційної колони, яка містить 37 теоретичних тарілок, з яких 4 пастеризуючі, для значень концентрації спирту в живленні $X_e = 20; 35; 40; 60$ % об. і тиску над верхньою тарілкою колони $P_v = 101,3; 75; 80; 85$ кПа при виробництві спирту етилового технічного з пониженою концентрацією марки А і Б ($X_{др} = 90; 91; 92; 93; 94; 95; 96$ % об.). Одержано математичну модель залежності витрати гріючої пари та продуктивності РК від $X_{др}$, X_e , і P_v . Відносна похибка значень параметрів, розрахованих за допомогою отриманих нами формул не перевищує 4,8 % для P_p і 2,1 % для D_p .

3. Науково обґрунтовано вибір енерготехнологічних зв'язків і параметрів та розроблено енергозбережну низькоінвестиційну технологію брагоректифікації та установку БРУВАК-М з рекуперацією тепла пари бражного дистилляту і барди. Розраховано тепловий та ексергетичний баланси, виконано термодинамічний аналіз елементів БРУВАК-М.

4. Визначено коефіцієнт теплопередачі ДПО за різних технологічних параметрів роботи БРУ. Одержані дані використано для уточнення методики розрахунку ДПО для конденсаційної системи БРУ.

5. Виконано розрахунки, розроблено конструкцію та креслення ДПО, налагоджено їх випуск в Україні. Дослідний зразок ДПО здано міжвідомчій комісії, а також здійснено їх впровадження на шести спиртових заводах.

6. Одержано нові дані розподілу домішок спирту по висоті теплообмінних труб ДПО за різних схем його підключення в систему конденсації БРУ.

7. Розроблену БРУВАК-М впроваджено на шести спиртових заводах в Україні і двох - в Республіці Білорусь. На установках відпрацьовано технологічний режим, а

технологію здано відомчій комісії. Доведено переваги розробленої установки. За розрахунками витрата гріючої пари складає 36,9 кг/дал, що на 31 % менше, ніж на БРУНД. Річний економічний ефект від впровадження БРУВАК-М з ДПО на Борщівському спиртовому заводі складає 358900 грн. в цінах 2001 року.

Основні положення дисертації викладено у наступних публікаціях:

1. Високоєфективні ректифікаційні установки / В. Артюхов, Г. Дроговоз, Є. Міхненко, Г. Кизюн, О. Міщенко, І. Журавський // Харчова і переробна промисловість. –1993. -№9. -20 с.

Особистий внесок: брав участь в організації і проведенні експериментальних досліджень, обробленні результатів і підготовленні статті до публікації.

2. Енерготехнологічне комбінування в брагоректифікаційних установках / О.С. Міщенко, Є.О. Міхненко, Г.О. Кизюн, І.М. Журавський, З.Б. Ровний // Вісник аграрної науки. -2002. -№4. –С. 69-70.

Особистий внесок: брав участь в обробленні результатів і підготовленні статті до публікації.

3. Энергосберегающие брагоректификационные установки / А.С. Мищенко, Е.А. Михненко, Г.А. Кизюн, И.Н. Журавский, З.Б. Ровный // Производство спирта и ликероводочных изделий. -2002. -№3. -С. 10-11.

Особистий внесок: брав участь в обробленні результатів і підготовленні статті до публікації.

4. Технологічні характеристики ректифікаційної колони БРУВАК-М при виробництві спирту етилового технічного / І.М. Журавський, Є.О. Міхненко, Г.О. Кизюн, О.С. Міщенко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій / Міністерство освіти і науки України. –Одеса: 2006. –Вип. 28. –Т.2. -С. 44-45.

Особистий внесок: брав участь в організації і проведенні експериментальних досліджень, обробленні результатів і підготовленні статті до публікації.

5. Опыт внедрения и оценка эффективности аппаратов воздушного охлаждения в системе БРУ / И.Н. Журавский, В.П. Ковальчук, Г.К. Дроговоз, В.Г. Артюхов, Е.В. Сосновская // Химия и технология пищевых продуктов: Сб. науч. трудов (Выпуск 2). –К.: ВНИИППД. -1990. –С. 144-146.

Особистий внесок: брав участь в організації і проведенні експериментальних досліджень, обробленні результатів і підготовленні статті до публікації.

6. Пат. 11936 України, МКТ С12F1/06. Спосіб виробництва ректифікованого спирту / В.Г. Артюхов, Г.К. Дроговоз, В.П. Ковальчук, Є.О. Міхненко, І.М. Журавський -1464463; Заявл. 8.01.87; Опубл. 25.12.96, Бюл. №4.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

7. Пат. 39216 України, МКТ С12F1/06. Установка для очистки та ректифікації етилового спирту / Г.О. Кизюн, Є.О. Міхненко, О.С. Міщенко, І.М. Журавський, Н.Т. Белко, А.П. Хілько, Ю.А. Піліпенко, О.А. Віславская, А.В. Лозовая -97020441; Заявл. 03.02.97; Опубл. 15.06.2001, Бюл. № 5.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

8. Пат. 2081651 РФ, МКИ В01D3/00. Способ ректификации этилового спирта / В.Г. Артюхов, Е.А. Михненко, А.С. Мищенко, Г.А. Кизюн, Н.И. Шаповалюк, Б.В. Чаплинский, И.Н. Журавский -94016971/13; Заявл. 10.05.94; Опубл. 20.06.97, Бюл. №17.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

9. Пат. 19734 України, МКТ В01D3/00. Спосіб ректифікації етилового спирту / В.Г. Артюхов, Є.О. Міхненко, О.С. Міщенко, Г.О. Кизюн, М.І. Шаповалюк, Б.В. Чаплінський, І.М. Журавський -93005958; Заявл. 17.09.93; Опубл.25.12.97, Бюл. №6.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

10. Пат. 29990 А України, МКТ В01D3/00. Спосіб обігріву бражної колони / Є.О. Міхненко, Г.О. Кизюн, О.С. Міщенко, І.М. Журавський, М.М. Гуменюк - 97125756; Заявл. 02.12.97; Опубл. 29.12.99, Бюл. №8.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

11. Пат. 39612 України, МКТ С12F1/04. Спосіб ректифікації спирту-сирцю / Є.О. Міхненко, О.С. Міщенко, Г.О. Кизюн, Н.А. Нагурна, І.М. Журавський, К.В. Дремлюга, Н.М. Янкова -2000116260; Заявл. 06.11.2000; Опубл. 15.06.2001, Бюл. №5.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

12. Пат. 4083 Республики Беларусь, МКИ В01D3/00. Установка для очистки и ректификации этилового спирта / Г.А. Кизюн, Е.А. Михненко, А.С. Мищенко, И.Н. Журавский (UA), Н.Т. Белко, А.П. Хилько, Ю.А. Пилипенко, О.А. Виславская, А.В. Лозовая (BY). -970040; Заявл. 28.01.97; Опубл. 30.09.2001.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

13. Пат. 54246 України, МКТ С12F3/08. Спосіб обігріву ректифікаційної колони / Є.О. Міхненко, Г.О. Кизюн, О.С. Міщенко, С.Т. Олійнічук, В.А. Жуковський, Т.Г. Кизюн, І.М. Журавський, Р.М. Чебаков, О.Є. Міхненко -2002065137; Заявл. 20.06.2002; Опубл. 15.12.2005, Бюл. №12.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

14. Пат. № 1464463 РФ, МКИ С12F1/06. Способ производства ректифицированного спирта: / В.Г. Артюхов, Г.К. Дрововоз, В.П. Ковальчук, Е.А. Михненко, И.Н. Журавський -4177558/30-13; Заявл. 08.01.87; Опубл. 18.10.93.

Особистий внесок: брав участь у проведенні патентного пошуку, підготовленні формули винаходу та написанні заявки на винахід.

15. Журавский И.Н., Ковальчук В.П. Концентрирование летучих компонентов неадиабатической ректификацией // Тезисы докладов конф. молодых ученых и специалистов по пищевой биотехнологии. –М.: 1989. –С.60-62.

Особистий внесок: брав участь в підготовленні та оформленні тез доповіді.

16. Развитие технологий ректификации этилового спирта / Е.А.Михненко, Г.А.Кизюн, А.С.Мищенко, И.Н.Журавский // Материалы III Международной научно-практич. конф. посвященной 70-летию ВНИИПБТ (19-20 апреля 2001г.) –М.: ВНИИПБТ, 2001. –С.153-155.

Особистий внесок: брав участь в підготовленні та оформленні тез доповіді.

АНОТАЦІЯ

Журавський І.М. Розробка енергозбережної низькоінвестиційної технології спирту в брагоректифікації. –Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.07 - Технологія продуктів бродіння. -Національний університет харчових технологій, Київ, 2007.

В дисертації виконано аналіз відомих енергозбережних технологій брагоректифікації спирту з високим ступенем енерготехнологічного комбінування, низько- та безінвестиційних енергозбережних технологій та систем конденсації водно-спиртової пари. За допомогою математичного моделювання встановлено залежність P_p і V від P_v для колони, яка має 37 т.т, з яких 8 вичерпуючі і 4 пастеризуючі і значень $X_e=20; 35; 40; 60$ % об., $X_{др}=96,2; 96,3; 96,5$ % об., $P_v=75; 80; 85$ кПа і $\Delta P=0,8$ кПа, а також досліджено вплив $X_{др}$ на V , P_p і D_p в залежності від співвідношення виварних і концентраційних тарілок за $P_v=80$ кПа, $\Delta P=0,8$ кПа для РК, яка має 37 т.т., 4 з яких пастеризуючі, при виробництві спирту етилового технічного з пониженою концентрацією марки А і Б. Одержано залежності витрати гріючої пари на процес брагоректифікації та продуктивності РК від $X_{др}$, X_e і P_v . Проведено аналіз теплового та ексергетичного балансів, а також термодинамічний аналіз елементів БРУВАК-М.

Визначено оптимальну кількість тепла для відведення в дефлегматорі повітряного охолодження, проведено його розрахунки виготовлено і впроваджено в систему конденсації водно-спиртової пари з колон БРУ. Досліджено розподіл домішок спирту в ДПО за різних схем його підключення в систему конденсації БРУ.

Ключові слова: спирт етиловий ректифікований, ректифікація, енергозбереження, ексергетичний баланс, термодинамічний аналіз, дефлегматор повітряного охолодження.

АННОТАЦИЯ

Журавский И.Н. Разработка энергосберегающей низкоинвестиционной технологии спирта в брагоректификации. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.07 – Технология продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2007.

Выполнен анализ известных отечественных и зарубежных энергосберегающих технологий брагоректификации спирта с высокой степенью энерготехнологического комбинирования и рекуперацией тепла, низко- и безинвестиционных энергосберегающих технологий брагоректификации спирта.

Проведен анализ различных отечественных и зарубежных систем конденсационных устройств применяемых в спиртовой, химической и нефтехимической промышленности.

Приведены технологические схемы и описания экспериментальных установок брагоректификационной установки с элементами, работающими под пониженным давлением и опытно-промышленной ректификационной установки с дефлегматором воздушного охлаждения.

Приведены методики анализа тепловых балансов разработанной брагоректификационной установки, взаимозависимостей параметров ректификационной колонны установки, термодинамического анализа отдельных элементов установки, а также расчета дефлегматоров воздушного охлаждения.

Математическим моделированием установлено зависимости расхода греющего пара и флегмового числа от давления над верхней тарелкой ректификационной колонны, которая состоит из 37 теоретических тарелок (т.т.), 8 из которых истощающих и 4 – пастеризующих, для значений концентраций спирта в питании - $X_3=20; 35; 40; 60$ % об., в дистилляте (ректификованном спирте) - $X_{др}=96,2; 96,3; 96,5$ % об. и давлении над верхней тарелкой колонны - $P_в=75; 80; 85$ кПа с учетом гидравлического сопротивления одной теоретической тарелки - $\Delta P=0,8$ кПа.

Определено влияние концентрации спирта в дистилляте на флегмовое число, расход греющего пара и производительность ректификационной колонны в зависимости от соотношения истощающих и концентрирующих тарелок при давлении над верхней тарелкой колонны, равным 80 кПа и гидравлическом сопротивлении тарелки – $\Delta P = 0,8$ кПа для колонны, которая имеет 37 теоретических тарелок, 4 из которых пастеризующих, при производстве спирта этилового технического с пониженной концентрацией (до 90 % об.) марки А и Б.

Математическим моделированием установлено зависимости расхода греющего пара на процесс ректификации и производительность ректификационной колонны от концентрации спирта в дистилляте, в питании и давления над верхней тарелкой колонны. Определено, что снижение концентрации спирта в дистилляте с 96,0 % об. до 90,0 % об. снижает удельный расход греющего пара почти в два раза, а производительность ректификационной колонны при этом, почти в два раза увеличивается. Также определено, что изменение соотношения истощающих и концентрирующих тарелок колонны, для различных концентраций спирта в питании, позволяет снизить расход греющего пара на процесс ректификации в среднем на 0,2 кг/дал.

Научно обоснован выбор энерготехнологических связей и параметров технологического режима разработанной энергосберегающей низкоинвестиционной брагоректификационной установки БРУВАК-М. Рассчитан тепловой и эксергетический балансы установки, проведен термодинамический анализ элементов установки, а также показано преимущества разработанной технологии.

Определено оптимальное количество тепла для отвода в дефлегматоре воздушного охлаждения. Выполнены расчеты, разработаны чертежи и организован серийный выпуск дефлегматоров воздушного охлаждения в Украине. Опытный образец дефлегматора воздушного охлаждения в системе конденсации водно-спиртового

пара с колонн БРУ сдан межведомственной комиссии и осуществлено его внедрение на шести спиртовых заводах.

Установлено распределение примесей спирта по высоте теплообменных труб разработанного дефлегматора воздушного охлаждения при различных схемах его подключения в систему конденсации БРУ.

Экономический эффект от внедрения БРУВАК-М с дефлегматорами воздушного охлаждения производительностью 3000 дал спирта в сутки составляет около 360 тыс.грн. в год в ценах 2001 года.

Ключевые слова: спирт этиловый ректификованный, ректификация, энерго-сбережение, эксергетический баланс, термодинамический анализ, дефлегматор воздушного охлаждения.

ANNOTATION

Zhuravskiy I.M. Development of low-investment energy-saving technology of alcohol for distillation.

The Dissertation is presented for a Candidate Technical Science Degree, speciality 05.18.07 – Fermentation Products Technology. – National University of Food Technologies, Kiev, 2007.

The analysis of well-known energy saving technologies for alcohol rectification and systems for condensation of alcohol vapor have been done.

By mathematics simulation had been defined the dependence of vapor expenditure and reflux ratio from pressure on the over plate of rectifying column with hydraulic resistance of contact device. It has been studied influence of alcohol concentration in feeding on reflux ratio and vapor expenditure and rectifying column productiveness dependent on feeding plate by pressure on over plate of rectifying column at 80 kPa The analysis of heat and energy balances and thermo-dynamical analysis of elements of developed equipment have been done.

It was optimized of heat quantity for taking the air cooling aside in dephlegmator. The construction of dephlegmator for air cooling have been developed. The alcohol admixture movement along of heat change tubes of air cooling dephlegmator has been studied.

The low-investment energy saving Beer Rectifying Equipment (BRE) with elements working under low vacuum have been developed and implemented at eight alcohol plants. Air cooling dephlegmators have been implemented at six alcohol plants also.

Key words: ethyl alcohol rectified, rectifying, energy saving, energy balance, thermo-dynamical analysis, air cooling dephlegmator.

