

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ХАРЧУВАННЯ

МОЛЬСЬКА ВІКТОРІЯ АНАТОЛІЇВНА

УДК 663: 683.56: 66.087

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ПРОЦЕС МИТТЯ СКЛОТАРИ ДЛЯ ХАРЧОВИХ
ВИРОБНИЦТВ**

Спеціальність: 05.18.12 – процеси та апарати харчових
виробництв

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2000

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківській державній академії технології та організації харчування
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент

ЛЮБАВІНА Олена Олександрівна,
Харківська державна академія технології
та організації харчування, доцент кафедри
охорони праці та екології підприємств харчування

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,
старший науковий співробітник
ЗАГОРОДНІЙ Петро Павлович
Український державний університет харчових
технологій, професор кафедри інженерної графіки

кандидат технічних наук, доцент

ПОГОЖИХ Микола Іванович,
Харківська державна академія технології
та організації харчування, доцент кафедри
енергетики та фізики

Провідна установа

Одеська державна академія харчових технологій Міністерства освіти і
науки України, м. Одеса, кафедра процесів і апаратів харчових
виробництв

Захист відбудеться 28 квітня 2000 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д
64.088.01 Харківської державної академії технології та організації харчування за адресою: 61051,
м. Харків, вул. Клочківська, 333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської державної академії технології та
організації харчування за адресою: 61051, м. Харків, вул. Клочківська, 333.

Автореферат розісланий 28 березня 2000 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Михайлов В.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Значна кількість харчових виробництв, таких як консервне, пивобезалкогольне, лікєро-горілчане та інші, розфасовують готову продукцію в скляну тару, яка використовується багаторазово. Неретельне миття склотари погано впливає на якість харчових продуктів, скривлюючи їхній смак та погіршуючи мікробіологічні показники. Підприємства, що використовують склотару, для її підготовки витрачають велику кількість тепла, природної води, миючих засобів. Основним миючим засобом для миття склотари є розчин гідроокису натрію. У процесі миття на кожні 30 пляшок витрачається 1 дм³ мийного розчину. При цьому 150 мл виноситься з пляшками, а 850 мл скидають у вигляді забруднених лужних стоків у каналізацію. Підприємство з великою продуктивністю, наприклад Роганський пивкомбінат, щодобово скидає до 500 кг 100 %-го гідроокису натрію. На споліскування пляшок таке підприємство витрачає 60 м³/год. чистої води, до того ж уся вода безповоротно губиться — забруднюється та скидається в каналізацію. Згідно з правилами прийому стічних вод до міської каналізації рН стоку повинен бути в межах 6...9, оскільки вільний луг різко погіршує роботу біохімічних очисних споруд. Тому підприємства змушені нейтралізувати стоки, при цьому витрачається велика кількість кислоти. Або ж доводиться сильно розбавляти стоки умовно чистою водою, яка могла б ще використовуватися.

Таким чином, розробка ресурсозберігаючого процесу миття склотари, котрий дозволяє поліпшити якість миття, повернути у виробництво умовно чисту воду, лужний мийний розчин та тепло, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до тематичних планів науково-дослідних робіт кафедри охорони праці та екології підприємств харчування Харківської державної академії технології та організації харчування й пов'язана з держбюджетною темою 12-97-98Б “Розробка технології та обладнання для нейтралізації лужних стічних вод” та госпрозрахунковою темою № 1-99Д “Розробка процесу електродіалізного знесолювання води з підвищеною лужністю” (№ держ. реєстрації 0199 у 001698).

Мета і задачі дослідження. Мета досліджень дисертаційної роботи полягає в розробці способу ресурсозберігаючого миття склотари для харчових виробництв, який дозволяє

поліпшити якість миття, зберегти та повторно використати максимально можливу кількість води, регенерувати та повернути у виробництво увесь луг.

Для досягнення зазначеної мети необхідно було вирішити такі взаємопов'язані задачі:

вивчити фізико-хімічний склад відпрацьованого лужного розчину мийних машин та визначити основні види присутніх у ньому забруднень;

обрати спосіб регенерації відпрацьованого мийного розчину;

визначити раціональні технічні параметри та технічні характеристики процесу вилучення суспендованих речовин із забрудненого лужного розчину;

дослідити процеси регенерації лугу з лужних розчинів мембранним електролізом та біполярним електродіалізом та визначити галузь їх застосування;

визначити оптимальні співвідношення основних параметрів проведення процесу мембранного електролізу та біполярного електродіалізу;

розробити апарат для здійснення процесу електромембранної регенерації лугу із забрудненого мийного розчину;

розробити комплексну ресурсозберігаючу установку для миття склотари;

провести комплекс заходів щодо впровадження результатів дослідів у практику роботи виробництв, що використовують склотару.

Наукова новизна одержаних результатів.

Запропоновано та науково обґрунтовано спосіб електромембранної регенерації NaOH із забруднених лужних стоків харчових виробництв.

Проведено комплексну порівняльну характеристику процесів регенерації лугу біполярним електродіалізом та мембранним електролізом за енергетичною ефективністю та кінетичною стабільністю, визначено можливість їх використання залежно від складу рідини, що підлягає обробці.

Отримано оптимальні співвідношення основних технічних параметрів мембранного електролізу та біполярного електродіалізу, що забезпечують найбільш ефективне проведення цих процесів. Розроблено математичну модель розрахунку ефективності регенерації лугу в процесі електролізу, котру зручно використовувати в технологічній практиці.

Встановлено особливості фізико-хімічного складу відпрацьованого мийного розчину. Виявлено вплив фазово-дисперсного складу, в'язкості розчину та наявності поверхнево-активних речовин на ефективність проведення відстоювання і фільтрації забрудненого мийного

розчину. Встановлено раціональні параметри проведення процесу вилучення дисперсних домішок з відпрацьованого лужного розчину.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

розробці методики визначення концентрації грубодисперсних домішок у відпрацьованому лужному мийному розчині;

визначенні раціонального режиму фільтрації відпрацьованого мийного розчину крізь зернисту засипку;

розробці формули для розрахунків ефективності процесу мембранного електролізу;

визначенні раціонального режиму проведення процесу регенерації лугу з відпрацьованого лужного мийного розчину мембранним електролізом;

визначенні раціонального режиму процесу регенерації лугу біполярним електродіалізом з відпрацьованого розчину промивання катіонітових фільтрів;

розробці вертикального апарата для електромембранної регенерації лугу з відпрацьованого мийного розчину;

розробці комплексної установки ресурсозберігаючого миття пляшок.

Реалізація результатів роботи. Проведено випробовування процесу електромембранної регенерації лужного мийного розчину в умовах Харківського заводу шампанських вин (протокол № 1 від 28 січня 1997 р.) та Мелітопольського пивоварного заводу (протокол № 12/7 від 18 липня 1999 р.). Розроблено нормативно-технічну документацію на проведення процесу ресурсозберігаючого миття пляшок на Мелітопольському пивоварному заводі (експериментальний регламент виробництва та інструкція з експлуатації установки підготовки води для виробництва пива та споліскування пляшок). Робочі креслення апарата для регенерації лугу було передано Харківському регіональному центру переробки промислових відходів для виготовлення апаратів на замовлення підприємств (акт передачі креслень від 12 березня 1999 р.).

Особистий внесок здобувача. Здобувач брав безпосередню особисту участь у розробці та експериментальному обґрунтуванні всіх ідей, що їх висловлено в наведених у авторефераті джерелах. Здобувач особисто розробив робочі креслення електрорегенератора лугу, комплексну установку ресурсозберігаючого миття пляшок, а також виконав основну частину роботи, яка полягала у промисловій перевірці зазначених процесів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень було заслухано, обговорено та схвалено на таких конференціях, семінарах і нарадах:

- науково-практична конференція “Актуальні науково-методичні проблеми в підготовці спеціалістів вищої кваліфікації для торгівлі та харчування”, м. Харків, 1997;

- науково-практична конференція “Стан і проблеми розвитку торгівлі та харчування в Україні”, м. Харків, 1997;

- науково-практична конференція “Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини: ефективність і особливості організації”, м. Полтава, 1997;

- XII Український семінар з мембран та мембранних технологій, м.Київ, 1998;

- міжнародна наукова конференція “Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування в підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі”, м. Харків, 1998;

- науково-технічні наради АТ “Пивзавод “Рогань”, АТ “Харківський завод шампанських вин”, АТ “Мелітопольський пивзавод”.

У повному обсязі дисертацію було заслухано на засіданнях кафедри охорони праці та екології підприємств харчування і кафедри процесів, апаратів і автоматизації харчових виробництв.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано у відкритій пресі 10 наукових робіт, у тому числі: статей — 7, матеріалів наукових конференцій — 1, тез доповідей — 1, інформаційний листок - 1.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, переліку використаної літератури і додатків. Роботу викладено на сторінках, вона містить рисунків, таблиць і додатків. Перелік використаної літератури має джерел, у тому числі іноземних.

ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, показано наукову новизну та практичну цінність роботи.

У **першому розділі** “Процеси розділення рідких середовищ у харчовій промисловості” зазначається, що ретельність миття склотари значно впливає на якість готових харчових продуктів. Крім того, мийні автомати непродуктивно витрачають велику кількість чистої води та луґу, котрі безповоротно губляться. Наведено аналітичний огляд науково-технічної літератури, у котрому розглянуто основні способи розділення рідких середовищ, що їх

використовується в харчовій промисловості (фільтрація, баро- та електромембранні процеси), а також граничні рівні вмісту домішок у суспензіях, котрі піддається баро- та електромембранній обробці. Розглянуто конструкції електромембранних апаратів і методи виробництва та регенерації мембран. Проаналізовано існуючі способи регенерації та очистки відпрацьованих лужних розчинів. Визначено основні напрямки досліджень.

Другий розділ “Об’єкти і методи досліджень” містить характеристику об’єктів, матеріалів, методів досліджень та експериментального обладнання. Експерименти та їх обробку проводили в Харківській державній академії технології та організації харчування. Об’єктами досліджень були відпрацьований мийний розчин пляшкомиїх машин, вода після споліскування пляшок та вода, котру подається через централізовану систему господарсько-питного водопостачання, різні фільтрувальні тканини та зернисті фільтрувальні матеріали (кварцевий пісок), модельні розчини, іонообмінні мембрани МК-40 і МА-40 та біполярні мембрани МБ-2, МБ-3 і АСКЛ-1, різні сталі, хром та нікель. У роботі використано як загальноживані методи аналітичного визначення концентрації домішок у воді та стоках, так і оригінальні методи визначення кількості домішок у розчинах та дослідження електромембранних процесів з використанням лабораторного та стендового обладнання. Достовірність отриманих результатів оцінювали методами математичної статистики.

У **третьому розділі** “Дослідження процесу вилучення суспендованих речовин” наведено результати дослідження складу та кількості домішок у відпрацьованому мийному розчині та ополіскувальній воді, а також результати досліджень, спрямованих на попереднє вилучення грубодисперсних домішок із забрудненого лужного розчину, котрий піддається електромембранній обробці.

У табл. 1 подано фізико-хімічні характеристики лужного мийного розчину та ополіскувальної води пляшкомиїх машини.

Таблиця 1

Фізико-хімічні характеристики лужного мийного розчину та ополіскувальної води

Показник	Мийний розчин		Ополіскування (вода)	
	Чистий	відпрац.	попереднє	остаточне
pH	10.0...12.0	10.0...12.0	9.0...10.2	7.8...8.2
Загальна лужність, мг-	170...300	170...300	12...18	6.8...8.0

екв/дм ³				
Густина, кг/дм ³	1.009	1.011		
Відносна в'язкість	1.039	1.058		
Вміст суспендованих речовин, мг/дм ³	15	900	150...250	10
ХСК*, мгО ₂ /дм ³	14.08	950	100	14
Температура, °С	70	70	55	12...18

*ХСК — хімічне споживання кисню (непрямий показник вмісту органічних сполук у розчинах)

Седиментаційний аналіз фазово-дисперсного складу механічних домішок, що знаходяться у відпрацьованому мийному розчині, показав, що найкращим способом попередньої очистки є фільтрування. Найбільш доцільно як фільтрувальний матеріал використовувати кварцевий пісок.

У ході експерименту з фільтрації з'ясовано, що під час вилучення суспендованих часток з лужних стоків пляшкомиїних машин раціонально використовувати швидку фільтрацію крізь одношарову (однорідну) крупнозернисту засипку. Після такої обробки концентрація суспендованих речовин у фільтраті не перевищує 20 мг/дм³, розмір часток не більший за 5 мкм, що задовольняє вихідні вимоги для електромембранних процесів. Визначено технічні характеристики процесу фільтрації, котрі забезпечують потрібну якість фільтрату: швидкість фільтрації — у межах 1...3 м/год.; висота засипки — 600 мм; тривалість фільтроциклу — 12 годин.

У **четвертому розділі** “Дослідження електромембранних процесів регенерації відпрацьованого лужного мийного розчину” на підставі теоретичного дослідження відомих електрохімічних процесів зроблено висновок про те, що для регенерації лужних розчинів можна використовувати електромембранні процеси, котрі супроводжуються дисоціацією води — електроліз з катіонообмінною мембраною та електродіаліз з біполярною мембраною.

Вивчено анодну поведінку низки електропровідних матеріалів за електромембранної регенерації лугу. Виявлено, що вуглецева та нержавіюча сталь, нікель та нікельована сталь втрачають стійкість та починають руйнуватися при зниженні рН аноліту від 11.0 до 6.0...7.0, що відбувається у процесі регенерації лугу. За таких умов найбільше стійким з доступних анодних матеріалів є діоксид свинцю, що осідає на металеву підкладку. Як показали проведені дослідження, стійкими щодо окислювальної дії діоксиду свинцю виявилися сталь 12Х18Н10Т,

нікель та нікельована сталь Ст3. Адгезію діоксидно-свинцевого покриття до металевої підкладки аноду раціонально збільшити попереднім електротравленням основи до утворення глибокої виразкової корозії. Запропоновано технологію отримання діоксидно-свинцевих анодів у електролізері безпосередньо перед пуском установки на регенерацію лужного розчину. Корозійні випробування, що їх проведено на отриманих цим способом анодах, довели стійкість діоксидно-свинцевого покриття та відсутність сполук свинцю в регенованому мийному розчині.

На наступному етапі досліджень у лабораторних умовах було визначено енергетичні характеристики електролізу з катіонообмінною мембраною та біполярного електродіалізу при регенерації лужних розчинів.

У процесі електролізу кількість регенованого NaOH можна визначити за формулою

$$g_{NaOH} = g_{Na^+} + g_{CO_3^{2-}}, \quad (1)$$

де g_{NaOH} , g_{Na^+} , $g_{CO_3^{2-}}$ — кількість відповідних сполук, що переносяться за одиницю часу, моль · с⁻¹.

Ефективність використання струму становить

$$\theta = \frac{I_{Na^+} + I_{CO_3^{2-}}}{I} = \frac{I - I_{OH^-}}{I}, \quad (2)$$

де θ — ефективність використання струму;

I — загальна сила струму, А;

I_{Na^+} , $I_{CO_3^{2-}}$, I_{OH^-} — сила струму, який переноситься відповідними іонами, А.

Подальші математичні перетворення дозволили вивести залежність ефективності використання струму від складу розчинів та режимів електролізу:

$$\begin{aligned} \theta &= 1 - \frac{0.1339 \cdot C_{OH^-} + 20.53 \cdot \frac{C_{OH^-}}{i} \cdot (0.067 \cdot C_{OH^-} + 1)}{0.1674 \cdot C_{OH^-} + 1} \\ &= 1 - \frac{C_{OH^-} \cdot (0.1339 + \frac{20.53}{i} \cdot (0.067 \cdot C_{OH^-} + 1))}{0.1674 \cdot C_{OH^-} + 1} \end{aligned} \quad (3)$$

де C_{OH^-} — концентрація OH^- -іонів, г-екв/дм³;

i — густина струму електролізу, А/м².

У цій формулі коефіцієнти визначено за результатами експериментальних досліджень. Похибки в розрахунках за формулою (3) становлять ± 0.7 %. Величина ефективності використання струму під час регенерації NaOH не залежить від складу аноліту (загальної лужності, ступеня бікарбонізації) та температури розчинів (у межах 60...80 °С).

Результати визначення вольт-амперних характеристик процесу електролізу лужних розчинів показують, що 6.0 В є оптимальним значенням напруги електролізу, за якого забезпечується висока ефективність проведення процесу при помірних енерговитратах (рис. 1).

Ефективність процесу біполярного електродіалізу досліджували, використовуючи різні типи біполярних мембран. Результати визначення ефективності використання струму (рис. 2) показують, що максимальний вихід H^+ та OH^- -іонів, що виникають у результаті дисоціації води на межі розподілу катіоно- та аніонообмінних боків біполярної мембрани в ході процесу, спостерігалось на мембрані МБ-2 та мембрані АСКЛ-1, експериментальні зразки якої виготовлено в лабораторії екологічного контролю води Харківської державної академії технології та організації харчування спільно з Харківським екологічним регіональним центром переробки промислових відходів.

Рис.1. Вольт-амперні характеристики електролітичної регенерації відпрацьованого мийного лужного розчину. Концентрації електро-литу, г-екв/дм³: 1 – 0.1; 2 – 0.6; 3 – 0.8; 4 – 1.0

Рис.2. Залежність виходу за струмом H^+ та OH^- іонів від густини струму під час регенерації лугу з розчину карбонату натрію на різних типах біполярних мембран: 1 – МБ-3; 2 – АСКЛ-1; 3 – МБ-2

Для остаточної оцінки ефективності роботи мембран було вивчено їхні вольт-амперні характеристики. З'ясовано, що для мембран МБ-3 та АСКЛ-1 оптимальною є напруга 3.0 В (рис. 3). Це у 3...10 разів нижче, ніж напруга на мембранах МБ-1 та МБ-2.

Рис.3. Вольт-амперна характеристика при отриманні 0.4н NaOH з 0.4н Na₂CO₃ за допомогою двокамерного біполярного електродіалізатора з використанням різних мембран

Оскільки ефективність використання струму на мембрані АСКЛ-1 значно вища, ніж за використання мембрани МБ-3, то найбільш ефективного використання електроенергії в процесі електродіалізаційної регенерації лугу можливо досягти з мембраною АСКЛ-1. Енерговитрати в цьому процесі навіть менші, ніж за мембранного електролізу (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняння енерговитрат на отримання 1 кг 100 % NaOH за густини струму 60 А/м² для мембранного електролізу та біполярного електродіалізу

Показник	Біполярний електродіаліз				Електроліз
	МБ-1	МБ-2	МБ-3	АСКЛ-1	
Витрати електроенергії, кВт год./кг	33.0	25.6	3.4	2.5	3.2

Проте біполярні мембрани швидко пасивуються органічними сполуками аніонного характеру, що знижує електропровідність та ефективність використання струму, відбувається значне збільшення лінійних розмірів та гідрофільності мембрани. Тому біполярний електродіаліз доцільно використовувати для регенерації лугу з розчинів, що не містять мембранотоксичних органічних сполук, наприклад з відпрацьованого регенераційного розчину іонообмінних фільтрів. У разі регенерації мийного розчину, який забруднено великою кількістю органічних сполук, доцільно використовувати мембранний електроліз.

У п'ятому розділі "Розробка експериментальної установки ресурсозберігаючого миття" запропоновано принципову технологічну схему ресурсозберігаючого процесу миття склотари на пляшкомиїних машинах (рис. 4), а також наведено методику розрахунку та добору технологічного обладнання для реалізації цього процесу.

Технологічний процес відбувається наступним чином. Вода зі збірника (2) насосом (3) перекачується крізь піщаний фільтр і розділяється на два потоки. Перший потік — 85...90 % води — через ультрафіолетову установку для знезаражування (5) надходить на форсунки

остаточного споліскування (7) пляшкоминої машини (1). З лотка остаточного споліскування вода стікає у збірник (2), до якого надходить 10...15 % свіжої води на компенсацію втрат.

Другий потік — 10...15 % води — після піщаного фільтру (4) спрямовується на обробку в іонообмінний фільтр (6), де корегується рН води та відбувається її пом'якшення. Після цього вода через теплообмінник (13) надходить до зворотного контуру ванни попереднього споліскування (8). Надлишок води з ванни (8) стікає в першу (по ходу пляшок) ванну попереднього споліскування (9). Таким чином забезпечується зустрічний потік пляшок та води для ополіскування і найбільш раціональне використання пом'якшеної води. Використання пом'якшеної та підкисленої води дозволить краще змивати з пляшок залишковий луг і значно уповільнить утворення накипу на рухомих частинах і касетах машини.

З першої ванни попереднього споліскування (9) 70 % води з температурою 55°C через теплообмінник (13) подається у ванну для замочування, звідки переливається до каналізації. 30 % води з ванни (9) надходить у катодні камери мембранного електролізера (18). Отриманий розчин NaOH концентрацією приблизно 1.5 % спрямовується в збірник лугу (14), звідки насосом (3) подається у ванну лугу (10). Забруднений розчин лугу з ванни (10) стікає у відстойник (15), де змішується з відпрацьованим регенераційним розчином іонообмінного фільтру (6). Відстояний змішаний розчин з відстойника (15) через фільтр (16) надходить у анодні камери мембранного електролізера (18). Тут відбувається вилучення іонів Na із забрудненого розчину до катодних камер. При цьому рН у анодних камерах знижується до 6...7. Одночасно відбувається насичення брудного відпрацьованого розчину елементарним хлором, що виділяється на аноді. Цей хлор потім витрачається на окислення органічних домішок, що знижує їх концентрацію приблизно на 20 %. Вільний від лугу та частини органічних сполук розчин може бути злитий на біохімічні очисні споруди. Запропонована технологія дозволяє зберігати до 95 % води, що витрачається на споліскування, та повернути у виробництво весь луг, який на сьогодні скидають до каналізації.

Мембранний електролізер — це біполярний апарат з елементами двокамерного типу. Він має у своєму складі робочі прокладки та катіонообмінні мембрани (рис. 5). У робочі прокладки (рис. 6), що виготовлені з поліпропілену завтовшки 10 мм, встановлюється катоди та аноди. Пакет стиснутий твердими плитами. Після збирання та стискання апарат встановлюється у вертикальне положення за допомогою шарнірної опори. Для запобігання прогинів пакета донизу, до плит прикріплюється поліпропіленовий ізолюючий лист та тверді швелери. Подача

та виведення розчинів здійснюються за допомогою бокових штуцерів. Напряга живлення підводиться до крайніх катоду та аноду.

Рис.5. Електролізер з катіоно-обмінною мембраною: 1 – ізо-люючі прокладки; 2 – перего-родки; 3 - катод; 4 – катодна камера; 5 – прокладка катод-ної камери; 6 – прокладка ано-дної камери; 7 – іонообміна мембрана; 8 – анодна камера; 9 - анод; 10 – штуцер введення розчинів; 11 – штуцер виве-дення розчинів

Рис.6. Робоча прокладка:
1 – рамка; 2 – дистанцій-ний елемент; 3 – пере-мичка

Наведено результати стендових випробувань електролізера для регенерації лугу з відпрацьованого мийного розчину пляшкомийних машин на двох підприємствах. На підставі результатів стендових випробувань розроблено робочі креслення електролізера та розраховано техніко-економічні показники впровадження установки.

Розроблений блок підготовки води та корегування рН впроваджено на Мелітопольському пивзаводі (табл. 3).

Робочі креслення регенератора лугу передано Харківському екологічному регіональному центру переробки промислових відходів для виготовлення на замовлення підприємств.

Таблиця 3

Основні техніко-економічні показники установки підготовки води

Показник	Значення Показника	
	перед впровадженням	Після впровадження
Витрати товарного 100 %-го лугу на 1000 пляшок, кг	0.5	0.08
Витрати води на 1000 пляш., м ³ : свіжа	0.8	0.12

оборотна		0.68
Витрати тепла, Гкал	0.024	0.0048
Потужність, кВт:		
загальна	35	38
на регенерацію лугу		1.5
pH води попереднього споліскування	8.2	4.0
Загальна твердість води попереднього споліскування, мг-екв/дм ³	1.2	0.2
Термін відшкодування вартості установки, років:		
блоку регенерації лугу		1.2
блоку очистки ополіск. води		0.3

ВИСНОВКИ

Найбільш перспективними методами очистки рідких середовищ та регенерації лугу є електромембранні процеси. Впровадженню електромембранних процесів перешкоджає відсутність мембран та апаратів, а також досліджень процесів переробки технологічних середовищ і стоків мембранним шляхом.

Досліджено та визначено фізико-хімічні властивості відпрацьованого лужного розчину та ополіскувальної води. Для визначення концентрації суспендованих часток та густини осаду розроблено методику. Доведено, що вилучення механічних домішок відпрацьованого лужного мийного розчину можливо провадити за допомогою фільтрації крізь піщану засипку без використання більш тонкої фільтрації.

Визначено енергетичні характеристики та ефективність використання струму у процесах електромембранної регенерації лужного мийного розчину. Виведено математичну залежність ефективності використання струму від густини струму та лужності католіту під час електролітичної регенерації лугу з відпрацьованого мийного розчину. Встановлено, що за мембранного електролізу з інертним (диоксидно-свинцевим) анодом оптимальне значення напруги на елементі складає 6.0 В, при цьому середня густина струму дорівнює 120 А/м², а ефективність використання струму складає 85 %.

Встановлено, що біполярний електродіаліз найбільш ефективний при використанні експериментального зразка мембрани АСКЛ-1. При цьому оптимальна напруга на елементі складає 3.0 В, густина струму — 60 А/м², ефективність використання струму — 82 %. Для регенерації реального мийного розчину, який забруднено значною кількістю органічних сполук, біполярний електродіаліз непридатний через швидку пасивацію мембран.

Встановлено можливість використання біполярного електродіалізу для отримання лужних розчинів з стоків регенерації Na⁺- та H⁻-катионітових фільтрів. Для регенерації луку з відпрацьованих мийних розчинів, які сильно забруднено органічними сполуками, доцільно використовувати електроліз з катіонообмінною мембраною.

Розроблено принципову схему установки ресурсозберігаючого миття склотари у харчовій промисловості, котра дозволяє повертати у виробництво луг і більшу частку (до 85 %) води та тепла.

Результати досліджень використано для розробки процесу та нестандартного апарату і комплексної установки ресурсозберігаючого миття пляшок. Процес ресурсозберігаючого миття пляшок випробувано на Харківському заводі шампанських вин та Мелітопольському пивзаводі. Розроблено експериментальний регламент ресурсозберігаючого миття та інструкцію з експлуатації установки підготовки води для ополіскування пляшок.

Результати стендових випробувань процесу регенерації луку з відпрацьованого мийного розчину в заводських умовах стали основою для розробки робочих креслень електрорегенератора луку. Креслення передано Харківському регіональному екологічному центру переробки промислових відходів для виготовлення апарату на замовлення підприємств.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Михайленко В.Г., Мольская В.А., Хоришко Ф.И. Исследование предотвращения пассивации и возможностей регенерации ионообменных мембран // Актуальні науково-методичні проблеми в підготовці спеціалістів вищої кваліфікації для торгівлі та харчування: Зб. наук. пр.- Ч.1.- Харків: Харк. держ. академія технол. та орг. харчування.- 1997.- С. 237-240.

Черевко А.И., Любавина Е.А., Михайленко В.Г., Мольская В.А. Электротехнические характеристики процесса регенерации щелочи из щелочных растворов бутылкомоечных машин // Актуальні науково-методичні проблеми в підготовці спеціалістів вищої кваліфікації для торгівлі та харчування: Зб. наук. пр.- Ч.1.- Харків: Харк. держ. академія технол. та орг.

харчування.- 1997.- С. 243-244.

Одарченко Н.С., Любовина Е.А., Михайленко В.Г., Мольская В.А. Коэффициент использования тока при регенерации щелочи из моющих растворов бутылкомоечных машин // Актуальні науково-методичні проблеми в підготовці спеціалістів вищої кваліфікації для торгівлі та харчування: Зб. наук. пр.- Ч.1.- Харків: Харк. держ. академія технол. та орг. харчування.- 1997.- С. 270-271.

Мольська В.А., Любовина О.О., Михайленко В.Г. Дослідження енергетичної ефективності та стійкості іонообмінних мембран за регенерації лужних миючих розчинів біполярним електродіалізом // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічна обґрунтованість у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр.- Ч.2.- Харків: Харк. держ. академія технол. та орг. харчування.- 1998.- С. 88-90.

Мольська В.А., Михайленко В.Г., Любовина О.О. Фізико-хімічні основи електромембраної регенерації лужних миючих розчинів // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічна обґрунтованість у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр.- Ч.2.- Харків: Харк. держ. академія технол. та орг. харчування.- 1998.- С. 90-94.

Мольская В.А., Михайленко В.Г., Любовина Е.А. Методики определения плотности и количества грубодисперсных примесей, содержащихся в щелочных стоках предприятий пищевой промышленности // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічна обґрунтованість у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр.- Ч.2.- Харків: Харк. держ. академія технол. та орг. харчування.- 1998.- С. 94-97.

Мольская В.А., Любовина Е.А., Михайленко В.Г., Червко А.И. Исследование свойств отработанного моющего щелочного раствора бутылкомоечных машин // Вісник Харків. держ. політехн. університету. Сер.: Хімія, хімічні технології та екологія: Зб. наук. пр.- Вип. 39.- Харків: ХДПУ, 1999.- С.50-52.

Мольская В.А., Михайленко В.Г., Червко А.И., Любовина Е.А. Выбор анодного материала для электромембранной регенерации щелочного моющего раствора // Матеріали наук.-практич. конф. “Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини: ефективність і особливості організації”.- Полтава: УКООПСПЛКА, ПКІ.- 1998.- С. 239-243.

Мольська В.А., Михайленко В.Г., Червко О.І., Любовина О.О. Електромембрана очистка лужних стічних вод харчових підприємств// Тез. допов. наук.-практич. конф. “Стан і

проблеми розвитку торгівлі й харчування в Україні”.- Харків: Харк. держ. академія технол. та орг. харчування.- 1997.- С. 97-98.

Электромембранная регенерация щелочных моющих стоков: Информ. листок /Е.А. Любавина, В.Г. Михайленко, А.И. Черевко, В.А. Мольская; ХОРПНТЕІ.- Харків, 1996.- 2 с.

АНОТАЦІЯ

Мольська В.А. Ресурсозберігаючий процес миття склотари для харчових виробництв. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 - процеси та апарати харчових виробництв.- Харківська державна академія технології та організації харчування Міністерства освіти і науки України, Харків, 2000.

Дисертацію присвячено питанням розробки ефективних способів миття склотари на харчових підприємствах. Досліджено процеси електромембранної регенерації лугу з відпрацьованого лужного розчину і процеси вилучення суспендованих речовин з лужних стоків харчових виробництв. Сконструйовано вертикальний відкритий електролізер з катіонообмінними мембранами, експериментально обґрунтовано вибір технічних параметрів процесу фільтрації стоків, розроблено ресурсозберігаючу установку миття пляшок, яка дозволяє поліпшити якість миття, економити воду і тепло, повертати у виробництво весь луг. Дослідно-промислово ресурсозберігаючу установку підготовки води для миття пляшок впроваджено на Мелітопольському пивзаводі.

Ключові слова: ресурсозберігаючий процес миття склотари, відпрацьований лужний розчин, електроліз, електродіаліз, фільтрація.

АННОТАЦИЯ

Мольская В.А. Ресурсосберегающий процесс мойки стеклотары для пищевых производств. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых производств. - Харьковская государственная

академия технологии и организации питания Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2000.

Диссертация посвящена вопросам разработки эффективных способов мойки стеклотары, что включает улучшение качества мойки за счет снижения количества загрязняющих примесей в моющем растворе и в ополаскивающей воде, возвращение в производство максимально возможного количества воды, тепла и моющих средств. На основании анализа информационно-технической литературы сделан вывод о том, что наиболее перспективными методами очистки жидких сред и регенерации щелочей являются электромембранные процессы. Однако широкому внедрению электромембранных процессов препятствуют отсутствие мембран и аппаратов, а также исследований процессов переработки технологических сред и стоков мембранным путем. Все электромембранные процессы требуют соблюдения особых параметров обрабатываемой жидкости. В связи с этим исследованы и определены физико-химические свойства отработанного щелочного моющего раствора и ополаскивающей воды. Для определения концентрации взвешенных веществ и плотности осадка разработана методика. Доказано, что отделение механических примесей отработанного щелочного моющего раствора возможно проводить посредством фильтрации через песчаную загрузку без использования более тонкой фильтрации. Определены технические параметры процесса фильтрования щелочных стоков бутылкомоечных машин. Регенерация щелочи из отработанного раствора теоретически возможна мембранным электролизом и биполярным электродиализом с катионообменной мембраной. Для уменьшения стоимости щелочи, полученной мембранным электролизом, разработана технологическая схема получения анодов с инертным диоксидно-свинцовым покрытием непосредственно в электролизере перед запуском аппарата на регенерацию щелочи. Определены энергетические характеристики и эффективность использования тока в процессах электромембранной регенерации щелочного моющего раствора. Выведена математическая зависимость эффективности использования тока от плотности тока и щелочности католита при электролитической регенерации щелочи из отработанного моющего раствора. Установлено, что при мембранном электролизе с инертным (диоксидно-свинцовым) анодом оптимальное значение напряжения на элементе составляет 6.0В, при этом средняя плотность тока равна 120 А/м², а эффективность использования тока составила 85 %. Установлено, что биполярный электродиализ наиболее эффективен при использовании экспериментального образца мембраны АСКЛ-1. При этом оптимальное напряжение на элементе составило 3.0 В, плотность тока — 60 А/м², эффективность

использования тока — 82 %. Однако для регенерации реального моющего раствора, загрязненного большим количеством органических веществ, биполярный электродиализ не пригоден из-за быстрой пассивации мембран. Установлена возможность применения биполярного электродиализа для получения щелочных растворов из регенерационных стоков Na^+ - и H^+ - катионитовых фильтров. Для регенерации щелочи из отработанного моющего раствора, сильно загрязненного органическими веществами, целесообразно использовать электролиз с катионообменной мембраной. Результаты исследования использованы для разработки процесса и нестандартного аппаратного оформления комплексной установки ресурсосберегающей мойки стеклотары в пищевой промышленности. Процесс ресурсосберегающей мойки бутылок испытан на Харьковском заводе шампанских вин и Мелитопольском пивзаводе. Разработан экспериментальный регламент ресурсосберегающей мойки и инструкция по эксплуатации установки подготовки воды для ополаскивания бутылок. Результаты стендовых испытаний процесса регенерации щелочи из отработанного моющего раствора в заводских условиях явились основанием для разработки рабочих чертежей электрорегенератора щелочи. Чертежи переданы Харьковскому региональному экологическому центру переработки промышленных отходов для изготовления аппарата по заказам предприятий.

Ключевые слова: ресурсосберегающий процесс мойки стеклотары, отработанный щелочной раствор, электролиз, электродиализ, фильтрация.