

УДК 621.68.542

В.Д. Рудь, Ю.С. Повстяна, М.І. Колядинський, Л.М. Самчук, І.В. Савюк
Луцький національний технічний університет
РЕГЕНЕРАЦІЯ МЕТАЛОКЕРАМІЧНИХ ФІЛЬТРІВ

Суттєвий вплив на ефективність і надійність фільтрів робить робота системи регенерації. В процесі експлуатації фільтру його гідравлічний опір безперервно зростає, а водопроникність фільтрувального матеріалу зменшується у міру осадження накопиченої дисперсної фази на фільтрувальному елементі, і для підтримки пропускну здатності фільтру в заданих межах фільтрувальний елемент необхідно періодично міняти або регенерувати. Проведений порівняльний аналіз роботи фільтра без регенерації і з регенерацією за рахунок ультразвуку свідчить про 25% зниження проникності фільтрувального елемента на початковому періоді фільтрації в порівнянні з аналогічним процесом.

Ключові слова: регенерація, фільтрувальний елемент, металокераміка, СВС-процес, водоочистка.

В.Д. Рудь, Ю.С. Повстяная, М.И. Колядинский, Л.М. Самчук, И.В. Савюк
Луцкий национальный технический университет
РЕГЕНЕРАЦИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ

Существенное влияние на эффективность и надежность фильтров оказывает работа системы регенерации. В процессе эксплуатации фильтра его гидравлическое сопротивление непрерывно возрастает, а водопроницаемость фильтровального материала уменьшается по мере осадения накапливаемой дисперсной фазы на фильтровальном элементе, и для поддержания пропускной способности фильтра в заданных пределах фильтровальный элемент необходимо периодически менять или регенерировать. Проведенный сравнительный анализ работы фильтра без регенерации и с регенерацией за счет ультразвука свидетельствует о 25% снижении проницаемости фильтрующего элемента на начальном периоде фильтрации по сравнению с аналогичным процессом.

Ключевые слова: регенерация, фильтровальный элемент, металлокерамика, СВС-процесс, водоочистка.

V. Rud , Yu. Povstiana, M. Kolyadinsky, L. Samchuk, I. Saviuk
Lutsk National Technical University
REGENERATION OF METAL-CERAMIC FILTERS

The work of the regeneration system has a significant effect on the efficiency and reliability of the filters. During the operation of the filter, its hydraulic resistance continuously increases, and the permeability of the filter material decreases as the dispersed phase is deposited on the filter element, and to maintain the filter capacity within the specified limits, the filter element must be periodically changed or regenerated. The comparative analysis of the filter operation without regeneration and with regeneration due to ultrasound indicates a 25% decrease in the permeability of the filter element at the initial filtration period in comparison with the similar process.

Key words: regeneration, filter element, cermet, SHS-process, water purification.

Вступ. У зв'язку з розвитком сучасної техніки до традиційних керамічних виробів в останні роки висуваються більш жорсткі вимоги, що вимагає необхідність створення нових матеріалів із заданим комплексом фізико-хімічних властивостей. До таких матеріалів відносять пористі керамічні матеріали, що повинні мати великий термін служби, високий тепловий опір, екологічну безпеку, пожежобезпечність, стійкість до побутових впливів, механічну міцність, простоту застосування та характеризуються низькою вартістю. Пористі керамічні фільтрувальні матеріали мають ряд переваг перед фільтрувальними елементами з інших матеріалів (міцність, стійкість до дії високих температур і агресивних середовищ) та широко використовуються в сучасному виробництві. Одним з передових методів отримання пористих проникливих керамічних і металокерамічних матеріалів є енергозберігаючий процес високотемпературного синтезу (СВС). На машинобудівних заводах, у результаті різних технологічних операцій, утворюється велика кількість невикористаних відходів у вигляді стружки, відходів ливарного і ковальського виробництва, що містять оксиди заліза і легуючі елементи. Ці відходи на більшості підприємств не використовуються, а іноді є джерелами забруднення навколишнього середовища. Використання таких відходів для синтезу нових керамічних матеріалів із застосуванням СВС-процесу дозволить покращити економічні показники та вирішити проблему утилізації відходів. Робота присвячена розробці та виготовленню пористих керамічних матеріалів із відходів металообробного виробництва та природнього сорбенту – сапоніту із застосуванням СВС-спікання, та визначити заходи по збільшенню терміну служби даних виробів. Виходячи із вищезазначеного цей напрям досліджень є актуальним. [1].

Аналіз публікацій. Одним із заходів збільшення ресурсу експлуатації фільтрів є процес їх регенерації. Регенерація - це процес видалення частинок з фільтрувальної перегородки для повного або часткового відновлення початкових властивостей фільтра. В роботі [2] розглядається процес регенерації керамічних мембран на прикладі робочої станції водопідготовки. Наведено принцип дії станції та послідовність очищення мембран. Представлені експериментальні дані по реагентній та безреагентній регенерації. В роботі [3] відмічено, що в процесі експлуатації фільтра його гідравлічний опір безперервно зростає, а газопроникність фільтрувального матеріалу зменшується в міру осадження дисперсної фази на фільтрувальному елементі і для підтримки пропускної здатності фільтра в заданих межах фільтрувальної елемент необхідно періодично міняти або регенерувати. На основі теоретичного узагальнення фізико-хімічних ефектів, аналізу і синтезу енергетичних впливів розроблені методи інтенсифікації процесу регенерації фільтрів. Вивчена пневмоімпульсна регенерація рукавного фільтра, на основі чого було отримано регресійні рівняння в безрозмірних змінних для визначення ефективності регенерації. Отримана модель була використана для оцінки і прогнозування ефективності пневмоімпульсних систем регенерації рукавних фільтрів. В [4] проаналізовано роботу фільтрів з протитечійною регенерацією фільтрувального елементу. Сформовано основні напрямки розвитку і подальшого вдосконалення таких фільтрів. В роботі [5] запропонований спосіб очищення завдяки електрогідравлічному імпульсу, що підвищує якість регенерації фільтрувального елемента. Кожна крапля води без гальмування вдаряється об поверхню, що очищається, сприяючи видаленню забруднень. Для створення струменя використовується жорстка камера малого об'єму, всередині якої закріплена електродна система і генератор імпульсної напруги. Збільшення енергії розряду підвищує швидкість струменя і динамічний тиск, що створюється нею на перешкоді. Режим, при якому відбувається регенерація фільтра, може бути наступним: амплітуда імпульсів напруги 10-30 кВ; ємність конденсаторної батареї генератора 0,15 мкФ; між електродний проміжок 2-5 мм; відстань від сопла насадки 10-20 см. Електрогідравлічне очищення струменем дозволяє досягти на оброблюваній поверхні найбільш високих тисків при відносно високому ККД процесу. Винахід дозволяє зменшити витрати електроенергії для проведення процесу очищення фільтрів, виключає наявність промивного стенду і дозволяє автоматизувати процес очищення.

В роботі [6] вивчено можливості регенерації циліндричної фільтрувальної перегородки з декількох шарів металевого дроту шляхом її інтенсивної струменевої продувки. Вивчено вплив розміру частинок пилу та його фізичних властивостей на регенерацію щільної фільтрувальної перегородки. Запропоновано залежність для розрахунку гідравлічного опору щільного фільтра безперервної дії при очищенні запиленних газів, що враховує ефективність регенерації. Авторами [7] досліджено регенерацію зернистих фільтруючих шарів з метою пошуку найбільш ефективних способів. Запропоновано нові безперервні способи регенерації в барабанному зернистому фільтрі і фільтрі з рухомою насадкою при очищенні газів. Визначено умови їх регенерації та зроблена оцінка ефективності цих способів по зміні гідравлічного опору. В роботі [8] наведено результати дослідження впливу технологічних параметрів на гідравлічний опір і продуктивність фільтра. Встановлено основні фактори, що сприяють поліпшенню регенерації.

Мета. Оцінити ефективність ультразвукової регенерації металокерамічних фільтрів, що отримані із відходів кувально-пресового виробництва та природних мінералів в режимі СВС-синтезу.

Викладення основного матеріалу. У нашій країні і за кордоном йде пошук нових фільтрувальних матеріалів, здатних забезпечити максимально можливу ступінь очищення рідини від твердих частинок. Прогресивним напрямом в цій області є використання пористих проникних матеріалів, виготовлених методом високотемпературного синтезу. При виборі фільтрувального матеріалу і способу його регенерації, як правило, керуються умовами експлуатації та призначенням фільтрів – водо підготовка, очищення стічних вод, регенерація технічних рідин та тощо. При цьому, чинними нормативними документами, які відображають тільки загальні умови експлуатації фільтра, передбачається, що коливання концентрацій забруднюючої речовини в неочищених стоках невелика, умови регенерації фільтра не враховують фізико-хімічних особливостей взаємодії фільтрувального матеріалу і забруднень. Більшість наукових робіт присвячені фільтруванню та регенерації матеріалу в процесі очищення стічних вод, що містять тверді частинки. Наявність плівки нафтопродуктів на зерні фільтрувального матеріалу суттєво змінює як механізм очищення так і процес регенерації. Цей факт має бути врахованим при експлуатації фільтра і на стадії його виготовлення.

У нашому дослідженні в якості вихідних матеріалів були використані: окалина сталі 18Х2Н4МА, порошок оксиду алюмінію ТУ (48-5-22-87), природний мінерал – сапоніт Ташківського родовища та 5 видів пороутворювачів. Дисперсність часток становила: окалина сталі 18Х2Н4МА – 250-400 мкм, сапоніт – 250-400 мкм, порошок Al_2O_3 – 100 мкм, пороутворювач – 100 мкм. Шихтовий склад компонентів визначався експериментально. Щодо технології спікання – особливу увагу заслуговує метод СВС-синтезу. Використання СВС-спікання обумовлена, перш за все, можливістю отримання матеріалів у складних композиціях, що не дозволяє отримувати цільові продукти іншими технологічними процесами, оперативністю проведення експериментів щодо створення матеріалів, забезпеченні модифікування структури і фазового складу продукту, а, отже, і комплексу структурних і структурно залежних властивостей [9]. З метою практичної реалізації отриманих результатів була виготовлена дослідна партія фільтрувальних елементів для очистки відпрацьованих вод автомийки на ТзОВ «ВГБ». Дослідний фільтрувальний елемент був включений у схему очистки відпрацьованих вод автомийки (Рис.1).

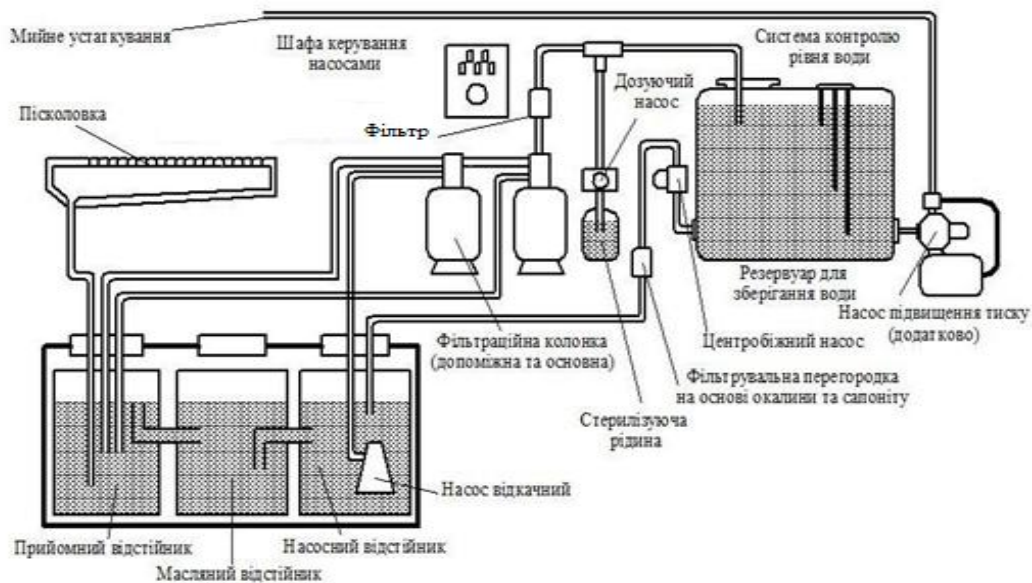


Рис. 1. Системи очищення води автомобільної мийки

Водоочистка на автомийках здійснюється багатоступеневим методом і вода багаторазово циркулює по контуру. При очищенні води на автомийках використовують зворотне водопостачання для мийки машин, що зменшує витрати води і знижує собівартість автомийки. Системи очищення води мають декілька рівнів очищення: перший рівень – очищення від механічних домішок за допомогою піщаної колони, другий рівень – тонке очищення через катриджний фільтр.

Мийка автомобіля здійснюється за технологією: поверхня автомобіля вручну змочується водою, де розчинені миючі засоби; потім бруд змивається струменем чистої води. Стічні води надходять самопливом по лотку в відстійник I ступеня, очищена вода потім надходить у відстійник II ступеня очищення. Завершується очищення в відстійнику III ступеня. Освітлена вода повторно використовується для миття машин. Розміри дослідного фільтрувального елемента: висота – 220 мм, діаметр – 40 мм, товщина стінки – 3 мм. Робочий тиск $P=0,4-0,6$ МПа, тонкість очищення 10 мкм, пропускна здатність 200–250 л/год. У табл. 1 наведено порівняльну характеристику показників очистки води на автомийці [10].

Таблиця 1.

Порівняльні показники очистки води на автономії

Показники	Одиниці вимірювання	Стічна вода	Вода після очистки, Дослідний фільтр	Вода після очистки, фільтр на основі Al_2O_3
ХПК (хімічний показник кисню)	мг/л	190	23	23
БПК (біологічний показник кисню)	мг O_2 /л	130	16	13
СПАР (синтетично поверхнево-активні речовини)	мг/л	100	11	23
Нафтопродукти	мг/л	50	2,5	4,5
Температура	°С	20	-	
pH	-	7,8	7,3	7,4
Завислі речовини	мг/л	200	15	17,1
Токсичні речовини	-	Не допускається	-	

Концентрація зважених речовин у стоковій воді на вході в адсорбційний фільтр визначається ваговим методом. Концентрація нафтопродуктів в стоковій воді визначається фотоколориметричним методом [11]. Результати дослідження з використанням запропонованого фільтрувального елемента дозволили зробити наступні висновки:

- концентрація суспензій у воді після очистки знаходилася в межах 1,5-2,5мг / л;
- концентрація нафтопродуктів у воді після очистки досягла 2,5 -4,5 мг / л.

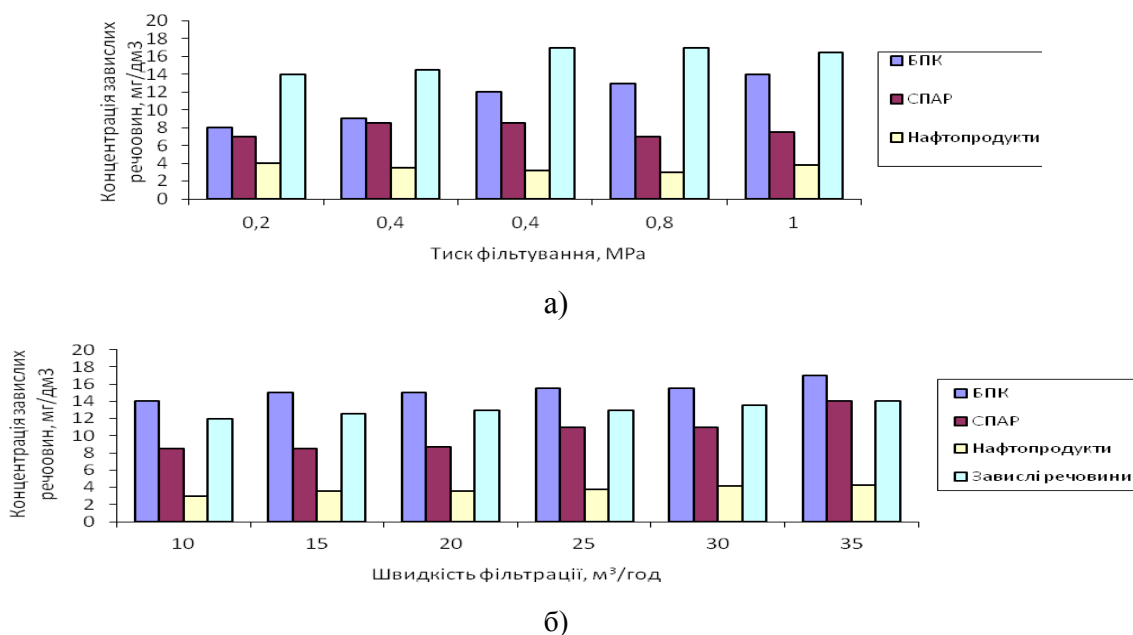


Рис.2. Залежність завислих речовин від а) тиску фільтрування, б) швидкості фільтрації

Регенерацію фільтрувального елемента проводили в ультразвуковій ванні моделі DECON FS-100 В (Рис.3) в діапазоні частот 20-40 кГц. Інтенсивність ультразвукових коливань 0,5 - 5 Вт/см². Вибір оптимальної інтенсивності має суттєве значення для ультразвукового очищення. Важливим фактором, що сприяє ультразвуковому очищенню, є значна інтенсифікація фізико-хімічних процесів в рідині під дією ультразвукових коливань, зокрема, процесу розчинення, що безпосередньо пов'язано з вибором складу миючої рідини. Миюча рідина повинна мати більшу хімічну активність по відношенню до забруднень, але в той же час бути нейтральною по

відношенню до матеріалу. Для очищення застосовують водні розчини лугів, кислот, солей з додаванням поверхнево-активних речовин. Фільтрувальні елементи поміщались в корзину з дротяної сітки, та опускались в наповнену ванну з розчином (вода, 4% сірчана кислота, ПАВ). Після закриття кришки і при відкритті установки ультразвукові хвилі відокремлюють частинки забруднення від сітки. При цьому бруд випадає з фільтрувального елемента вниз. Існує можливість вибору частоти ультразвуку: 25 кГц - для грубої очистки і 45 кГц - для делікатного тонкого очищення [12].

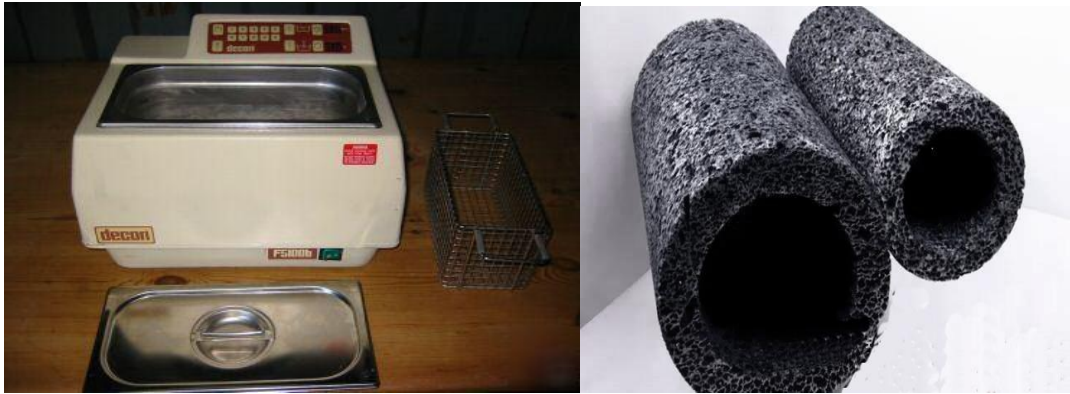


Рис.3. Зовнішній вигляд ультразвукової ванни моделі DECON FS-100 B та фільтрувального елемента

Визначення параметрів і тривалості стадії регенерації фільтра є ключовим з точки зору підтримання високої продуктивності і ефективності зневоднення. Головною метою регенерації ультразвуком є видалення твердих частинок з поверхні фільтра для запобігання закупорювання поверхневих пор фільтрувального елемента. Відповідно до цього, для ефективного очищення було мінімальне проникнення фільтрату з внутрішньої структури фільтра. Проведений порівняльний аналіз роботи фільтра без регенерації і з регенерацією (Рис.4) за рахунок ультразвуку свідчить про 25% зниження проникності фільтрувального елемента на початковому періоді фільтрації в порівнянні з аналогічним процесом [13,14]. На підставі проведених лабораторних досліджень отримані наступні технічні характеристики: продуктивність фільтра – 1 м³ / год; • зважені речовини - з 500 до 10 мг / л; • нафтопродукти - з 300 до 10 мг / л, час-8 год, частота -18-40 кГц, робочий тиск 0,4 -0,6 МПа.

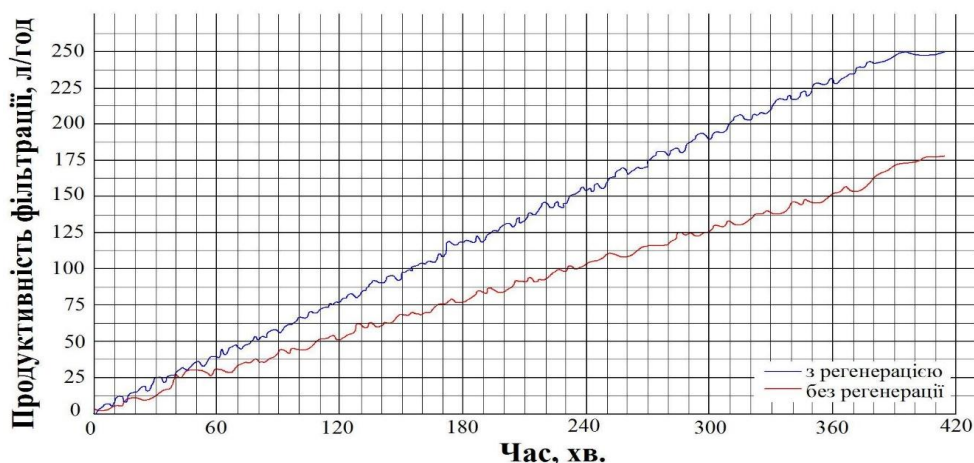


Рис.4. Вплив регенерації на фільтрувальний елемент

Висновки. Луцьким НТУ проведено комплекс прикладних наукових досліджень по використанню пористих керамічних матеріалів для очищення відпрацьованих вод на автомобільних мийках від механічних домішок, нафтопродуктів та миючих засобів. Проведено порівняльний аналіз роботи фільтра без регенерації і з регенерацією за рахунок ультразвуку

свідчить про 25% зниження проникності фільтрувального елемента на початковому періоді фільтрації в порівнянні з аналогічним процесом. Термічна і хімічна стійкість забезпечать багатофункціональність і можливість регенерації металокерамічних фільтрів, що надає можливість їх багаторазового використання, а також ресурсо- та енергоощадній технології їх виробництва. Такі фільтрувальні елементи є конкурентоспроможними у порівнянні з існуючими аналогами.

Список використаних джерел:

1. Шибряев Б. Ф. Металлокерамические фильтры / Б. Ф. Шибряев, Е. И. Павловская. – М. : Машиностроение, 1972. – 120 с.
2. Аверина Ю.М., Аверина О.М., Зверева О.В., Шумова В.С. Методика регенерации керамических мембран // Евразийское Научное Объединение: Том: 1, № 1 (23). – Москва 2017г. – с.18-20.
3. Шаповалов Ю.Н., Красовицкий Ю.В., Русанов А. А. Исследование эффективности пневмоимпульсной регенерации рукавного фильтра // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2006. №12. С. 27-28.
4. Интенсификация процессов регенерации керамических фильтров типа СС-45 на Норильской обогатительной фабрике ГМК «Норильский Никель» / Материалы IV Конгресса обогатителей стран СНГ, II том, с. 117, 19—21 марта 2003 г.
5. Патент України на корисну модель SU 1194457 ζ , 30.11.1985. SU 1768229 A1, 15.10.1992. SU 597396 A, 27.02.1978. RU 2006252 C1, 30.01.1994. JP 60031812 A1, 18.02.1985. Способ регенерации фильтрующего элемента /Стельмах Ирина Валентиновна (RU), Власов Андрей Вячеславович (RU), Власов Вячеслав Викторович (RU) подача заявки: 2005-05-14, публикация патента:10.09.2007.
6. Зыкова Ю.А., Самохвалов Н.М., Виноградов В.В. Сопrotивление пылевого осадка в щелевом фильтре // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, N 4. С. 88–96.
7. Самохвалов Н.М. Регенерация фильтровальных насыпных слоев // Ползуновский вестник. 2006. N 2–1. С. 389–391.
8. Битус, Е.И. Исследование влияния технологических факторов влияющих на процесс фильтрования промышленных фильтров / Е.И. Битус, А.В. Цыганов // Технологии 21 века в пищевой перерабатывающей и легкой промышленности. - № 7. – 2013 г.
9. Кирдяшкин, А.И. Функциональная пористая металлокерамика СВС: Разработка и применения / А.И. Кирдяшкин, Ю.М. Максимов // Фундаментальные и прикладные проблемы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: Материалы научного семинара. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2009. - С. 55 - 61.
10. Rud V. Perspective metaloceramec is for exhaust technical water treatment on autowashings / Rud V., Povstiana Yu., Saviuk I., Samchuk L. //Slovak international scientific journal Materials science and mechanics of machines, # 5 (5), – 2017.– С.23–27.
11. Гетманец Н.И. Исследования процесса обработки поверхностных сточных вод с применением синтетических материалов // Сучасні екологічно безпечні та енергозберігаючі технології в природокористуванні / Зб. тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів, 26-28 квітня 2011 року, м. Київ: в 2-ох частинах – К.: КНУБА, 2011. – ч. 2 – С. 78-81.
12. Келлер О.К., Кратыш Г.С., Лубяницкий Г.Д. Ультразвуковая очистка. Л.:Машиностроение. Ленинградское отд. 1977. 184 с.
13. Воловиков А.Ю. Экспериментальная установка для исследования процесса обезвоживания железорудного концентрата с использованием вакуумных дисковых фильтров// Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ), выпуск №8, г. Москва, 2013г., стр. 300-303.
14. Воловиков А.Ю. Влияние отдельных флотационных реагентов на засорение материала керамических вакуумных дисковых фильтров /А.Ю. Воловиков, Ю.В. Шариков// Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ), выпуск №5, г. Москва, 2014г., стр. 35-38.

Стаття надійшла до редакції 23.03.2018