

АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Роп'як Любомир Ярославич

доктор технічних наук, професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: 0000-0002-9374-2550
e-mail: L_ropjak@ukr.net

Николайчук Микола Ярославич

кандидат технічних наук, доцент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: 0000-0001-6185-2272
e-mail: nmj_2010@ukr.net

Шовкопляс Максим Володимирович

аспірант
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: 0000-0002-5302-3623
e-mail: maks.shovkoplias@gmail.com

Витвицький Василь Степанович

кандидат технічних наук, доцент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: 0000-0003-3682-1612
e-mail: vytytskyi.v.s@gmail.com

Романів Микола Миколайович

аспірант
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: 0000-0001-5222-3810
e-mail: romaniv2809@ukr.net

Білінський Віталій Михайлович

здобувач
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: 0000-0003-0219-8156
e-mail: hqaconstructif@gmail.com

У праці розглянуто основні типи покриттів та їх розповсюдженість у світі за частотою застосування в машинобудуванні. Відзначено, що найбільш розповсюдженими серед них є металеві – електрохімічні хромові покриття та неметалеві – оксидні покриття, сформовані у різних електролітах. Проведено аналіз способів та обладнання для утилізації відпрацьованих електролітів для формування покриттів на деталях машин у гальванічних цехах і дільницях. Як об'єкти дослідження вибрали електроліти для електрохімічного хромування сталей та для плазмоелектролітичного оксидування алюмінієвих сплавів. Використано системний підхід до вирішення актуальної проблеми утилізації відпрацьованих електролітів гальванічних ванн для нанесення покриттів, що є особливо важливим завданням на етапі переходу до «зелених технологій». Розроблено технологічну схему переробки відпрацьованих електролітів, яка включає процеси осадження, нейтралізації та очищення. Застосовано мехатронний підхід і комп'ютерне моделювання під час проектування установки для реалізації вказаної технології, котра містить два реактори і гідроциклон-фільтр, які сполучені трубопроводами, а також оснащену насосами, вказівниками рівня рідини, рН-метричним обладнанням та автоматизованою системою керування. В склад установки входить розроблена нова конструкція гідроциклон-фільтра, який забезпечує комбіноване очищення рідин від завислих частинок забруднення шляхом одночасного поєднання відцентрового очищення та фільтрування, а також дозволяє здійснювати промивання його кільцевого зазору та регенерацію фільтрувальної зернистої засипки фільтрувальної касети. Розроблена технологія утилізації відпрацьованих електролітів є ефективною під час експлуатації та не потребує дорогавартісного обладнання, процес є екологічно безпечним як для обслуговуючого персоналу, так і для навколишнього природного середовища, а продукти переробки можна повторно використовувати у виробничому циклі.

Ключові слова: електрохімічне хромове покриття, плазмоелектролітичне оксидне покриття, технологічний процес, електроліт, мехатроніка, реактор, гідроциклон-фільтр, зелені технології.

DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.2.15>

Вступ

Для підвищення зносостійкості та корозійної стійкості робочих поверхонь деталей машин застосовують різні технологічні способи зміцнення. Серед них найбільш вигідно вирізняються технології формування покриттів, які забезпечують раціональне поєднання властивостей матеріалу покриття та матеріалу основи деталі. Результати дослідження застосування покриттів у галузі машинобудування показують, що найбільш розповсюдженими серед металевих є електрохімічні хромові покриття для сталей [1-3], а серед неметалевих – оксидні для алюмінієвих і титанових сплавів [4]. Також в останні роки інтенсивно проводяться науково-дослідні роботи спрямовані на розробку технологій плазмоелектролітичного оксидування (мікродугового оксидування) металів вентильної групи. Зокрема, розробляються технологічні процеси формування оксидних шарів на деталях із компактних алюмінієвих деформованих і литих сплавів та на алюмінієвих покриттях попередньо нанесених, наприклад, на сталеву основу. Під час формування як металевих, так і оксидних покриттів використовують різноманітні склади електролітів, які після відпрацювання потребують утилізації. Тому для зниження рівня забруднення навколишнього середовища і переходу до зелених технологій необхідно розробляти інноваційні методи нанесення покриттів та технології очищення відпрацьованих електролітів гальванічних цехів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У машинобудівному виробництві найбільш часто використовують електрохімічні хромові покриття, які наносять із різноманітних електролітів на робочі поверхні деталей машин. Залежно від технологічних параметрів процесу електролізу можна отримати різні за фізико-механічними властивостями покриття [5, 6]. За функціональним призначенням хромові покриття є одними з найбільш універсальними та володіють високою твердістю, зносостійкістю, корозійною тривкістю та низьким коефіцієнтом тертя. Хромові покриття завдяки наявності на поверхні досить щільної оксидної плівки, яка під час найменшого пошкодження легко відновлюється, застосовують для захисту від корозії різних металів, а також і для декоративної обробки поверхні виробів. Ці покриття використовують як під час виготовлення нових деталей, так і під час ре-

монту зношених. Хромові та оксидні покриття наносять на робочі поверхні різних деталей, наприклад, поршневих і плунжерних насосів, компресорів, двигунів внутрішнього згоряння, гідро- і пневмоциліндрів тощо [7, 8], а також імплантів [9].

Дослідники розробляють різні технології електрохімічного хромування деталей машин [10-12]. Хромування в проточному електроліті [11, 12], завдяки знаходженню електроліту в закритій електрохімічній комірці, забезпечує зменшення його випаровування і забруднення навколишнього середовища та створює безпечніші умови праці робітників порівняно із хромуванням у спокійному електроліті, де гальванічні ванни для нанесення покриття є відкритими. Крім цього, електрохімічні хромові покриття, нанесені в проточному електроліті потребують також зняття менших припусків на механічну обробку [13].

Для електрохімічного хромування деталей використовують електроліти на основі сполук шестивалентного хрому [12, 14] або тривалентного хрому [11, 14-18], які є більш екологічно безпечними.

Технологія хромування потребує великої витрати води на приготування електролітів і на промивання деталей після нанесення покриттів. Під час електрохімічного нанесення покриттів відбувається газовиділення та винесення в атмосферу складових електроліту, водню та озону. В процесі промивання вкритих деталей вода забруднюється високотоксичними сполуками шестивалентного хрому. При цьому річні втрати сполук хрому під час винесення у вентиляцію та зі стічними водами досягають значних обсягів. Таким чином, гальванічне виробництво є крупним споживачем води, а з іншого боку, становить серйозну загрозу для токсичного забруднення навколишнього середовища, оскільки сполуки шестивалентного хрому мають окиснювальні властивості та чинять загальнотоксичну, кумулятивну, алергенну, канцерогенну і мутагенну дію на організм людини і тварин.

Норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) для шкідливих речовин, в тому числі й від гальванічного виробництва, регламентуються відповідними Наказами Міністерства охорони здоров'я України. Гранично допустимі концентрації для шестивалентного хрому та тривалентного хрому в повітрі, ґрунті та воді наведені відповідно в табл. 1 – табл. 4.

Таблиця 1. Гранично допустима концентрація хрому в повітрі [19].

№ з/п	Найменування речовини	CAS N	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		Клас небезпеки
			максимально разова	середньо добова	
504	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	7440-47-3	0,0015	0,0015	1

Таблиця 2. Гранично допустима концентрація хрому в ґрунті [20].

№ з/п	Найменування речовини	CAS N	Гранично допустима концентрація, з урахуванням фону (кларка), мг/кг	Лімітуючий показник шкідливості
28	Хром шестивалентний	18540-29-9	0,05	Загальносанітарний
40	Хром тривалентний	16065-83-1	6,0	Загальносанітарний

Таблиця 3. Гранично допустима концентрація хрому в питній воді [21].

№ з/п	Найменування показників	Нормативи для питної води, мг/дм ³			Методика визначення згідно з додатком 5
		водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів	
6	Хром загальний	≤0,05	Не визначається	≤0,05	п. 45

Таблиця 4. Гранично допустима концентрація хрому в промисловій воді [22].

№ з/п	Найменування речовини	Гранично допустима концентрація забруднень у стічних водах, що надходять на споруди біологічного очищення, г/м ³	Орієнтовна ефективність видалення забруднень на спорудах біологічного очищення (у частках одиниці)	Лімітуюча ознака шкідливості	Клас небезпеки
95	Хром (тривалентний)	2,5	0,5	Санітарно-токсикологічна	3
96	Хром (шестивалентний)	0,1	0,5	Санітарно-токсикологічна	3

Згідно переліку виробничих процесів [22], під час здійснення яких споживач повинен мати локальні очисні споруди для попереднього очищення стічних вод перед їх скиданням до системи централізованого водовідведення та очищення стічних вод відноситься гальванічне виробництво. Визначення вмісту основних хімічних елементів у природних, питних і стічних водах здійснюють методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою [23] та іншими методами контролю.

Вивчення та системний аналіз науково-технічної літератури, патентів та нормативно-правових документів показав, що для очищення відпрацьованих рідин гальванічних виробництв використовують механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні способи, які набули найбільшого розповсюдження. Механічні способи забезпечують відділення дисперсних частинок за рахунок седиментації, фільтрації, центрифугування. Хімічні способи очистки базуються на перебігу хімічних реакцій у відпрацьованому гальванічному розчині з доданими реагентами, забезпечуючи одержання екологічно безпечних, або нерозчинних сполук. Фізико-хімічні способи включають коагуляційно-флотаційні, мембранні, електрохімічні, магнітні та термічні процеси або їх поєднання під час очищення забруднених рідин. Біологічні способи ґрунтуються на здатності мікроорганізмів використовувати розчинені та колоїдні органічні забруднювачі стічних вод як джерело харчування.

Авторами [24] проведено аналіз основних фізико-хімічних технологій очистки гальванічних стоків, зазначено їх особливості застосування та виокремлено електрохімічні способи очищення, як найбільш перспективні.

Регенерацію відпрацьованого розчину з вмістом сполук хрому згідно рекомендацій [14] проводять електрохімічним способом. У ванну травлення підвішують свинцеві аноди, або, якщо вона футерована свинцем, її корпус підключають до позитивного полюса джерела постійного струму. Катодом слугують свинцеві пластини, площа поверхні яких повинна бути приблизно в 30 разів меншою від площі поверхні анодів. Під час регенерації від джерела напругою 18 В пропускають через розчин постійний струм забезпечуючи його густину на катоді від 60 А/дм² до 65 А/дм², на аноді – 2,25 А/дм² за температури електроліту від 60 °С до 65 °С. Процес регенерації розчину завершують при досягненні концентрації тривалентного хрому від 3 г/дм³ до 5 г/дм³.

У праці [25] описана розроблена технологія очищення

стічних вод двоступеневою обробкою в електричному пристрої компактної експериментальної установки, яка є досить ефективною.

У праці [26] запропонована нова конструкція електрокоагулятора для обробки стічних вод, які містять сполуки хрому та визначено технологічні режими роботи, що забезпечують досягнення нормативних вимог щодо якості води.

Забезпечення стабільної роботи споруд і підвищення ефективності очищення стічних вод гальванічного виробництва досягається запропонованим комбінованим способом очистки стічних вод «УМКА-STEEL», що використовує методи фізико-хімічного перетворення та гідродинамічного осадження і фільтрації [27].

Під час очищення стічних вод гальванічних виробництв сорбційним методами авторами [28], запропоновано застосовувати глини, які здатні поглинати та утримувати іони важких металів, що дозволить використовувати ці глини як природні геохімічні бар'єри. Були також проведені дослідження з десорбції відпрацьованих сорбентів.

Для утилізації відпрацьованих електролітів для плазмовоелектролітичного оксидування деталей розроблена технологія очищення на базі гіроциклона [29]. У корпусі гіроциклона співвісно з трубою для відведення очищеного розчину встановлена коаксіально зовнішня труба, в якій виконані тангенційні похилі отвори для подачі хімічного реагенту для нейтралізації, що забезпечує підвищення ефективності очищення та нейтралізації відпрацьованого електроліту.

Авторами [30] досліджено можливості комплексної утилізації відпрацьованих електролітів гальванічного виробництва. Запропоновано реагентний гідрохімічний спосіб переробки гальванічних відходів, який базується на різній здатності сполук хрому, купруму і феруму до комплексування та розроблена технологічна схема комплексної утилізації відходів хромо-нікелевих гальванічних виробництв.

Винахідниками [31] запропоновано реагентний спосіб очищення промислових стічних вод від сполук хрому, що включає відновлення розчинених сполук шестивалентного хрому, нейтралізацію розчином-окислювачем до екологічно допустимого рівня та скидання рідини у стік. Однак такий спосіб не забезпечує повне очищення води від зважених частинок.

Результати проведеного аналізу науково-технічної та

патентної літератури показали, що існуючі технології утилізації відпрацьованих електролітів для електрохімічного хромування деталей машин не повною мірою відповідають сучасним зростаючим вимогам щодо створення зелених технологій тому потребують подальшого удосконалення.

Цілі та задачі дослідження

Розробити технологію переробки відпрацьованих електролітів для електрохімічного хромування сталевих та плазмоелектролітичного оксидування алюмінієвих деталей машин, яка включає процеси осадження, нейтралізації та очищення.

Для досягнення поставленої цілі необхідно вирішити такі завдання:

- застосувати мехатронний підхід до конструювання установки для осадження, нейтралізації та очищення відпрацьованих електролітів;
- розробити нову конструкцію гідроциклон-фільтра для комбінованого очищення рідин;
- розробити автоматизовану систему керування процесом роботи установки.

Матеріали та методи дослідження

Технологічний процес електрохімічного хромування сталевих деталей. Технологічний процес плазмоелектролітичного оксидування деталей з алюмінієвих сплавів. Відпрацьовані електроліти для електрохімічного хромування та плазмоелектролітичного оксидування. Методи аналітичної хімії, титрування електролітів. Визначення водневого показника електроліту. Екологічні нормативні документи. Застосовано мехатронний підхід і комп'ютерне моделювання під час

проектуювання установки. Опис програмованого логічного контролера SimaticS7-1200. Програмне середовище TIA Portal (TotallyIntegrationAutomationPortal) виробництва концерну «Siemens».

Результати дослідження

Основні джерела забруднення навколишнього середовища гальванічним виробництвом. Під час електрохімічного нанесення металевих покриттів (хромуванням, нікелюванням, цинкуванням, кадмуванням тощо) та плазмоелектролітичного формування оксидних покриттів на деталях машин практично на всіх операціях технологічного процесу (підготовчих, формування покриттів, промивання) відбувається утворення рідких та газоподібних шкідливих речовин (рис. 1), які призводять до забруднення навколишнього середовища. Тому згідно наведеного переліку виробничих процесів [22], гальванічне виробництво належить до виду господарської діяльності під час здійснення якої машинобудівне підприємство повинно мати локальні очисні споруди для попереднього очищення стічних вод перед їх скиданням до системи централізованого водовідведення та очищення стічних вод.

Розробка технологічної схеми осадження, нейтралізації та очищення гальванічних відходів. Для утилізації відходів гальванічного виробництва (відпрацьованих електролітів) розроблена технологія, що включає осадження, нейтралізацію та очищення електролітів з використанням гідроциклон-фільтра (рис. 2). На першій та другій стадії відповідно здійснюється реагентне осадження та нейтралізація електроліту, а на третій стадії – очищення та фільтрація розчину, тобто тонке його очищення.

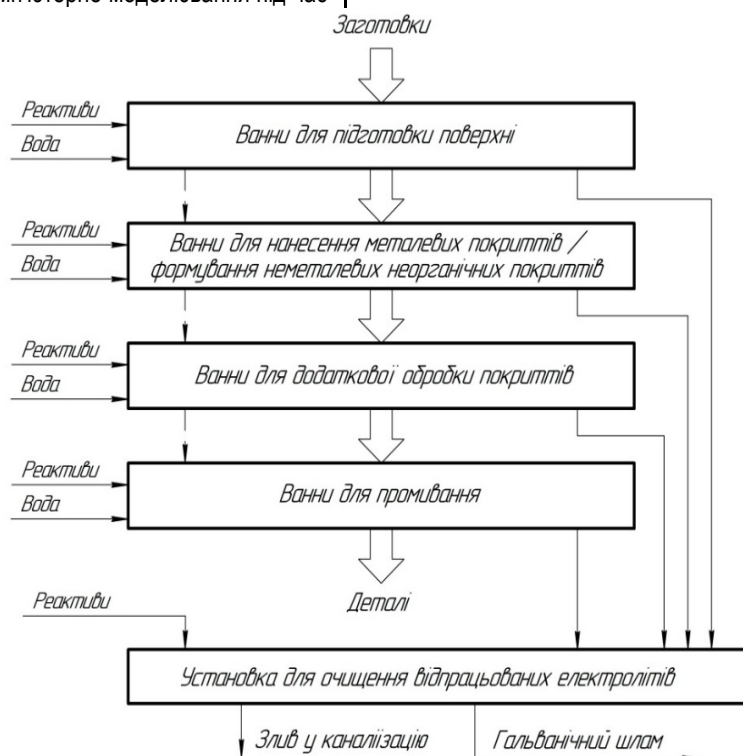


Рис. 1. Схема утворення гальванічних стоків (забруднень) та їх утилізації

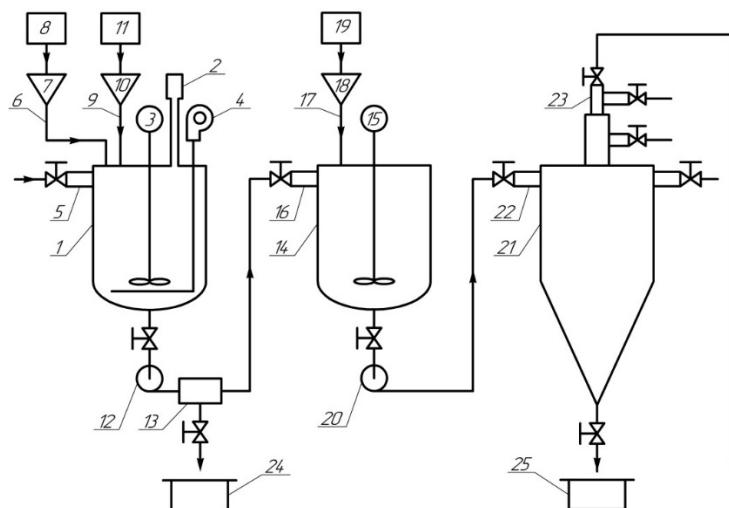


Рис. 2. Схема установки для осадження, нейтралізації та очищення гальванічних відходів

Застосовано мехатронний підхід і комп'ютерне моделювання під час проектування установки для осадження, нейтралізації та очищення гальванічних відходів. Розроблена установка містить два реактори та гідроциклон-фільтр, які сполучені трубопроводами, а також оснащена насосами, вказівниками рівня рідини, рН-метричним обладнанням та автоматизованою системою керування (рис. 2). Реактор 1 оснащений випарником 2, електричною мішалкою 3, повітряним компресором із барботером 4, трубопроводом 5 для подачі розчинів, які підлягають очищенню від сполук хрому, трубопроводом 6, дозатором 7 та місткістю 8 для відновлювального розчину надлишку сульфату двохвалентного заліза, трубо-

проводом 9, дозатором 10 та місткістю 11 для лужного розчину. Насос 12 забезпечує подачу суспензії з реактора 1 через фільтр 13 у реактор 14 який споряджений електричною мішалкою 15, трубопроводом 16, трубопроводом 17, дозатором 18 та місткістю 19 для розчину-окислювача. Насос 20 забезпечує подачу розчину в гідроциклон-фільтр 21 через вхідний трубопровід 22, де відбувається очищення та фільтрування цього розчину, що виходить через вихідний трубопровід 23. Місткості 24 та 25 слугують відповідно для збирання твердих продуктів утилізації. Запропонована конструкція гідроциклон-фільтра для очищення рідин захищена патентом України на винахід [32] і представлена на рис. 3.

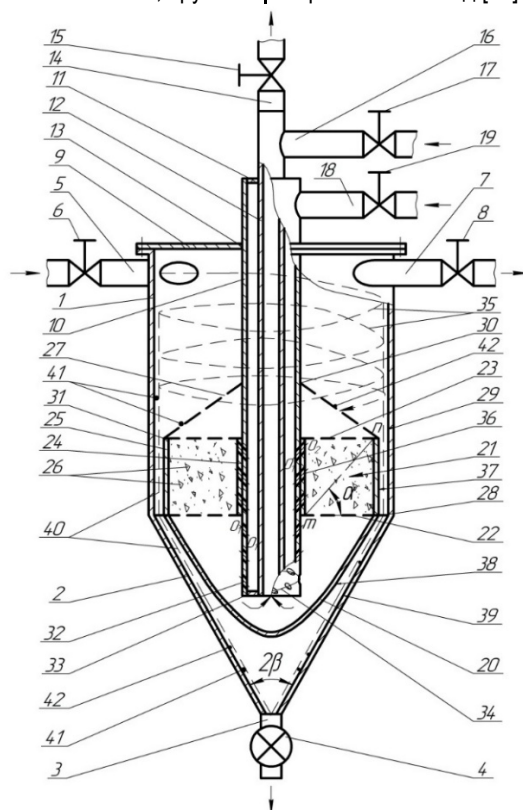


Рис. 3. Схема гідроциклон-фільтра для комбінованого очищення рідин [32]

Гідроциклон-фільтр [32] містить вертикальний цилінд- | ричний корпус 1 із конічним дном 2, до якого знизу приєдна-

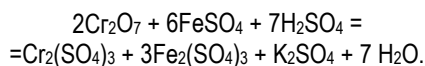
ний штуцер 3 для видалення шламу, що споряджений шлюзовим затвором 4. З протилежних боків до верхньої частини циліндричного корпусу 1 тангенціально приєднані штуцер 5 із вентилям 6 для подачі у циклон-фільтр очищеного рідинного потоку та штуцер 7 із вентилям 8 для відведення забрудненої води після регенерації насипної фільтрувальної зернистої засипки. Кришка 9 з'єднана з верхньою частиною циліндричного корпусу 1. Перфорована труба 10 через два дистанційні кільця 11 встановлена коаксіально до вихлопної труби 12 і нерухомо закріплена в отворі 13 кришки 9. До верхньої частини вихлопної труби 12 співвісно приєднано штуцер 14 із вентилям 15 для відведення очищеного рідинного потоку, а перпендикулярно збоку приєднано штуцер 16 із вентилям 17 для подачі чистої води для регенерації насипної фільтрувальної зернистої засипки. До верхньої частини перфорованої труби 10 також перпендикулярно збоку приєднано штуцер 18 із вентилям 19 для подачі чистої води для інтенсифікації регенерації насипної фільтрувальної зернистої засипки. В середині циліндричного корпусу 1 встановлена вставка 20, виконана у вигляді перевернутого закритого зрізаного тіла обертання – гіперболоїда обертання та стаціонарна фільтрувальна касета 21, із нижньою кільцевою сітчастою основою 22 і верхньою кільцевою сітчастою кришкою 23, що з'єднані між собою внутрішньою втулкою 24 та зовнішньою втулкою 25, в якій розміщена насипна фільтрувальна зерниста засипка 26. Сітчастий фільтр 27, виконаний у вигляді зрізаного сітчастого конуса. До складу фільтрувальної зернистої засипки 26 стаціонарної фільтрувальної касети 21 входять, наприклад, фрагменти подрібнених та механічно активованих полімерних відходів поліетилентетрафталату або будь-яких інших типів полімерних відходів із розвинутою поверхнею тощо. Стаціонарна фільтрувальна касета 21 нерухомо закріплена на ребрах жорсткості 28, які виконані на внутрішній стінці 29. Перфорована труба 10, проходить через меншу основу 30 зрізаного сітчастого конуса сітчастого фільтра 27 та внутрішньою втулку 24 стаціонарної фільтрувальної касети 21. Нижня більша основа 31 зрізаного сітчастого конуса сітчастого фільтра 27 приєднана до верхньої кільцевої сітчастої кришки 23 стаціонарної фільтрувальної касети 21, а верхня менша основа 30 вказаного зрізаного сітчастого конуса сітчастого фільтра 27 приєднана до перфорованої труби 10. У нижній частині цієї перфорованої труби 10 виконано похилі тангенціальні отвори 32 від торця 33. Кут нахилу осьових ліній $O_1 - O_1$ похилих тангенціальних отворів 32 до площини перпендикулярної до вертикальної осі рівний куту нахилу α висхідної діагоналі $m - n$ поздовжнього осьового розрізу стаціонарної фільтрувальної касети 21. Осьові лінії $O_1 - O_1$ вказаних похилих тангенціальних отворів 32 розташовані по гвинтовій лінії 34, яка має напрямок підйому витків протилежний до напрямку підйому витків гвинтової лінії траєкторії руху частинок забруднення очищуваних газового чи рідинного потоку 35 у вертикальному циліндричному корпусі 1. У внутрішній втулці 24 стаціонарної фільтрувальної касети 21 виконано також похилі тангенціальні отвори 36, осі $O_2 - O_2$ яких співпадають із осями $O_1 - O_1$ похилих тангенціальних отворів 32 у перфорованій трубі 10. Між зовнішньою стінкою 37 стаціонарної фільтрувальної касети 21, зовнішньою стінкою 38 вставки 20 та внутрішньою стінкою 29 вертикального циліндричного корпусу 1, внутрішньою стінкою 39 конічного дна 2 утворений кі-

льцевий канал 40 для сповзання вниз, відділених від очищуваних газового потоку чи рідинного потоку 35, грубодисперсних частинок забруднення 41 та домішок 42, а також грубодисперсних частинок забруднення 41 та домішок 42, що сповзають із поверхні сітчастого фільтра 27 в зону розташування штуцера 3 для видалення шламу через шлюзовий затвор 4 назовні. Гідроциклон-фільтр оснащений запобіжним клапаном максимального надлишкового тиску та насосами (на рис. 3 не показано).

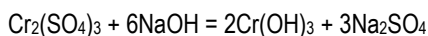
Для забезпечення проведення осадження, нейтралізації та очищення відпрацьованого електроліту установка (рис. 2) споряджена автоматизованою системою керування і функціонує наступним чином.

Приклад роботи установки для осадження, нейтралізації та очищення відпрацьованого електроліту після електрохімічного хромовання сталевих деталей.

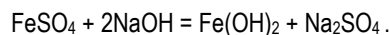
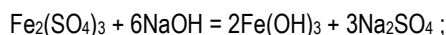
Відпрацьований електроліт із гальванічних ванн, який очищають від розчинених сполук хрому, подають по трубопроводу 5 у реактор 1, а через трубопровід 6, дозатором 7 із місткості 8 поступає відновлювальний розчин надлишку сульфату двохвалентного заліза і здійснюють електричною мішалкою 3 постійне перемішування суміші, забезпечуючи відновлення сполук шестивалентного хрому [31]



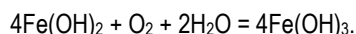
Після проходження окислювально-відновлювальної реакції трубопроводом 9 в реактор 1 через дозатор 10 із місткості 11 поступає лужний розчин при постійному перемішуванні реакційної суміші для досягнення водневого показника $pH 10 \pm 1$ з осадженням катіонів тривалентного хрому



та відповідно двох- і тривалентного заліза



Повітряним компресором із барботером 4 здійснюють насичення реакційної суміші киснем, що міститься в повітрі, забезпечуючи таким чином перетворення гідроксиду двовалентного заліза в гідроксид тривалентного заліза:



При цьому відбувається ізоморфне осадження іонів тривалентного хрому надлишком гідроксиду тривалентного заліза.

У результаті протікання хімічних реакцій утворену суспензію ізоморфного осаду $Cr(OH)_3/Fe(OH)_3$ із реактора 1 подають насосом 12 на фільтр 13, де відбувається відокремлення цього нерозчинного ізоморфного осаду $Cr(OH)_3/Fe(OH)_3$, який збирають у місткість 24. В подальшому очищений від сполук хрому та заліза розчин поступає трубопроводом 16 у реактор 14, в який, в свою чергу, через трубопровід 17 дозатором 18 із місткості 19 подають розчин-окислювач за постійного перемішування електричною мішалкою 15. Після доведення pH розчину до екологічно безпечного нейтрального рівня ($pH 6,5 \dots 8,5$) він із реактора 14 подається насосом 20 через вхідний трубопровід 22 в гідроциклон-фільтр 21, де відбувається його комбіноване очищення та фільтрування, а тверді відходи та механічні домішки (шлам)

збирають в місткість 25. Остаточо очищений розчин виходить із гідроциклон-фільтр 21 через вихідний трубопровід 23 і може в подальшому використовуватися у виробництві, забезпечуючи замкнутий цикл промислового водопостачання.

Приклад роботи установки для осадження, нейтралізації та очищення відпрацьованого електроліту плазмоелектролітичного хромовання/оксидування деталей. Оскільки під час твердого анодування та плазмоелектролітичного оксидування металів вентиляної групи використовують різноманітні електроліти – кислі, нейтральні та лужні [4, 14, 29, 33], а також плазмоелектролітичного хромовання деталей [34] тому розроблена нами технологія та установка може бути адаптована для утилізації конкретного типу електроліту шляхом вибору відповідних хімічних реагентів і режимів роботи.

В установці всі вентиля та затвор спорядженні електроприводом, а насоси – електромагнітними пускачами і слугують для забезпечення керування процесом нейтралізації та очищення електролітів в автоматизованому режимі роботи.

Більш детально розглянемо послідовність автоматизованого керування гідроциклон-фільтром (рис. 3).

1. Вихідні параметри контролю:

- напірний тиск, КПа;
- низьконапірний тиск, КПа;
- швидкість потоку, м/с.

2. Параметри контролю

- додатній перепад тиску між штуцером 14 і штуцером (5 або 7);
- додатній перепад тиску між штуцером 18 і штуцерами (5 або 7), (7 або 14);
- контроль заповнення гальванічним шламом кільцевого каналу 40 шляхом зважування маси гідроциклон-фільтра (або акустичний контроль наявності шламу в кільцевому каналі 40).

3. Параметри керування 1-го і 2-го етапів очищення

- перевищення ΔP за п.1 або за п.2 (при цьому генерується сигнал «1»).

3.1 Перший етап інтенсифікації регенерації:

- ввімкнення режиму регенерації засипки сітчастого фільтра та промивання;
- відкриття вентиля 18;
- закриття затвора 4;
- закриття вентилів 6 і 15;
- відкриття вентилів 8 і 19;
- подача чистого атмосферного повітря або рідини насосом (M_інтенсифікації);
- про завершення інтенсифікації регенерації свідчить зменшення та стабілізація ΔP між штуцерами 7 і 18;

3.2 Другий етап регенерації:

- закриття вентиля 19 і відключення насоса (M_інтенсифікації);
- відкриття вентиля 17 і включення насоса (M_промивання);
- момент завершення регенерації контролюється за станом чистого повітря або води, що виходять через штуцер 7, а також тиском між штуцерами 7 і 14;

4. Додатковий режим роботи 1-го і 2-го етапів очищення:

- одночасне проведення регенерації фільтрувальної зернистої засипки очищення, промивання сітчастого фільтра і промивання кільцевого каналу 40;

- контроль маси або акустичне визначення скупчення гальванічного шламу;
- при цьому гідроциклон-фільтр переводять в режим промивання кільцевого каналу;
- для цього відбувається закриття вентилів 6, 8, 15, 17 і відкриття шлюзового затвору 4 та вентиля 19;

5. Параметри керування 3-го етапу очищення

- стан очищення промиванням кільцевого каналу 40 визначається зважуванням гідроциклон-фільтра або акустично, а стан інтенсифікації регенерації фільтрувальної засипки та очищення сітчастого фільтра – за зменшенням від'ємного перепаду тиску ΔP (про це свідчить досягнення номінальної маси гідроциклон-фільтра та стабілізація від'ємного перепаду тиску ΔP між штуцерами 7 і 18);
- після завершення інтенсифікації регенерації фільтрувальної засипки та очищення сітчастого фільтра відбувається відключення насоса (M_інтенсифікації), закриття вентилів 8, 17 і 19, відкриття вентилів 6 і 15, часткове привідкриття шлюзового затвору 4, а гідроциклон-фільтр переходить у робочий режим.

7. Додатковий режим роботи на 3-му етапі очищення

- промивання кільцевого каналу 40 та завершення регенерації насипної фільтрувальної засипки касети (п.2 2-го етапу);
- закриття вентиля 19, відкриття вентиля 17, включення насоса (M_промивання) для остаточної регенерації і промивання кільцевого каналу;
- контроль тиску ΔP між штуцерами 7 і 14 та промивання кільцевого каналу після сигналу; зважування або акустичного контролю;
- закриття вентилів 8 і 7;
- відкриття вентилів 6 і 15;
- відключення насоса (M_промивання) і привідкриття шлюзового затвору.

8. Апаратні засоби автоматизованої системи керування

8.1 Первинні перетворювачі фізичних величин:

- датчик перепаду тиску ΔP між штуцером 14 і штуцером (5 або 7) (вимірювальний діапазон відповідно п.1 вихідних параметрів гідроциклон-фільтра);
- датчик перепаду тиску ΔP між штуцером 18 і штуцерами (5 або 7), (7 або 14) (вимірювальний діапазон відповідно п.1 вихідних параметрів гідроциклон-фільтра);
- тензоперетворювач ваги на заданий діапазон або акустичний перетворювач наявності шламу в кільцевому каналі 40;
- перетворювач швидкості потоку (вимірювальний діапазон відповідно п.1 вихідних параметрів роботи гідроциклон-фільтра).

8.2 Виконавчі елементи:

- електроприводи для керування вентилями (18, 6, 15, 8, 19, 17)
- електропровід для керування затвором (4);
- магнітні пускачі для керування насосами (M_інтенсифікації та M_промивання).

8.3 Компоненти автоматики:

- ПЛК (Програмований Логічний Контролер) SimaticS7-1200 (забезпечує обробку 14-ти дискретних вхідних сигналів і 10-ти дискретних вихідних сигналів) [35];

- СМ (Сигнальний Модуль) вводу аналогових сигналів з перетворювачів перепаду тиску ΔP і тензоперетворювача ваги (забезпечує обробку 4-х аналогових вхідних сигналів). Таким чином, вказана конфігурація ПЛК достатня для обробки всіх вхідних та вихідних сигналів під час експлуатації гідроциклон-фільтра за вищенаведеним алгоритмом функціонування.

На рис. 4 наведено конфігурацію апаратних засобів ПЛК автоматизованої системи керування гідроциклон-фільт-

ром у програмному середовищі TIA Portal (TotallyIntegrationAutomationPortal) виробництва концерну «Siemens» [36].

Апаратна конфігурація ПЛК включає:

- CPU (Central Processing Unit) CPU1214C (позиція 1 на рис. 4);
- SM (Signal Module) SM1231x4AI (позиція 2 на рис. 4);
- комунікаційне з'єднання Industrial Ethernet для програмування і обміну даними з комп'ютером (рис. 5).

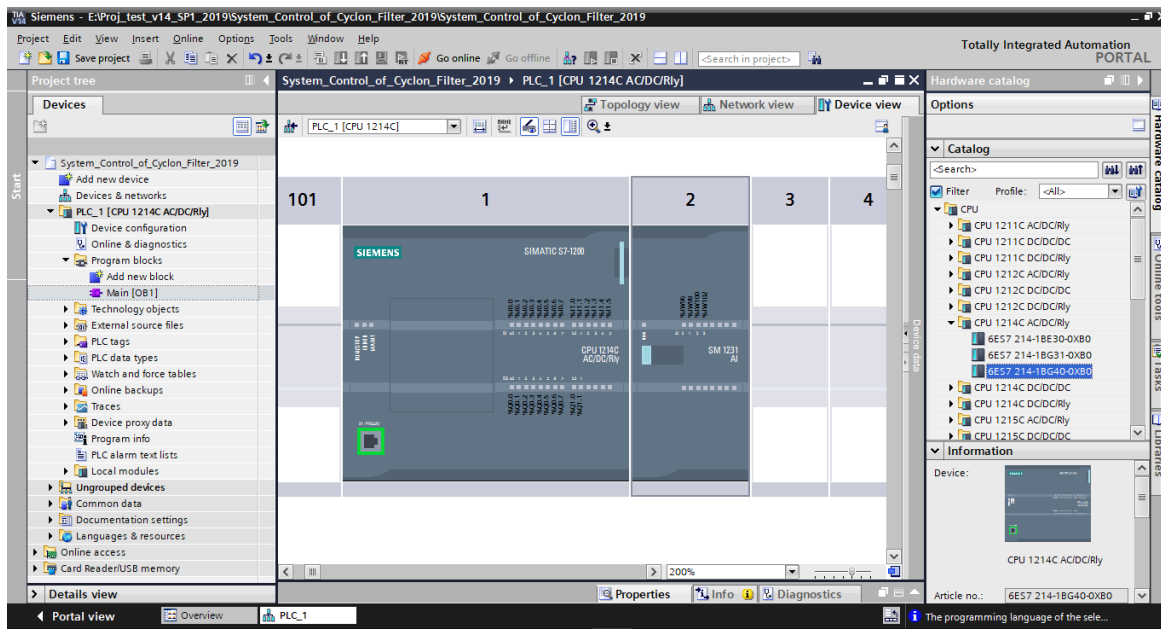


Рис. 4. Конфігурація апаратних засобів автоматизованої системи керування на основі ПЛК S7-1200

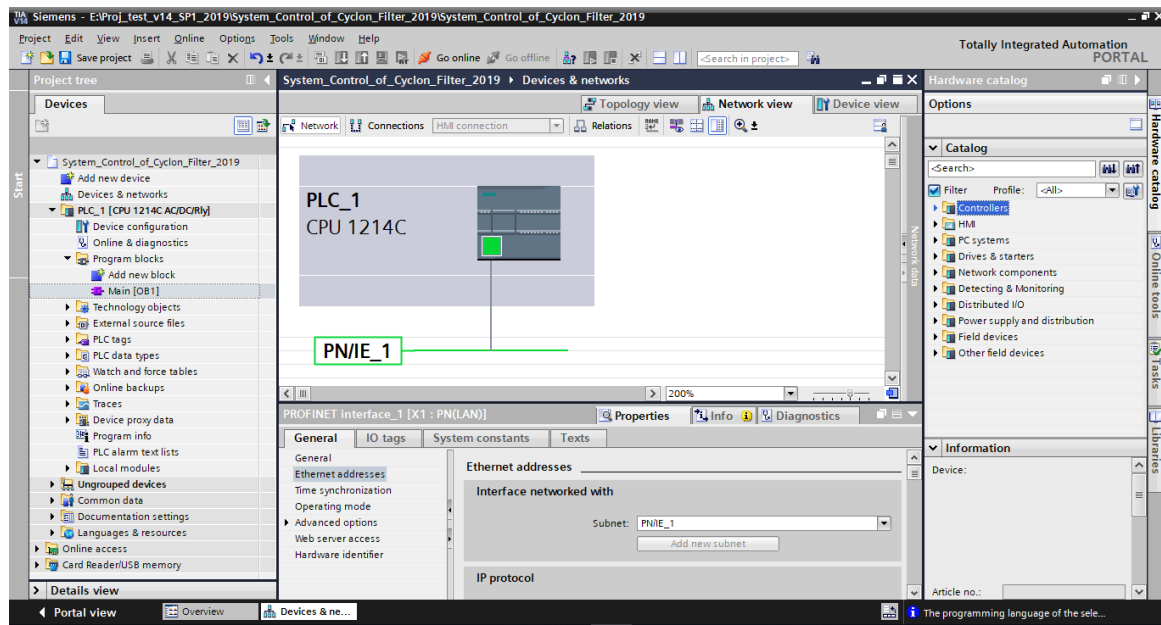


Рис. 5. Комунікаційне з'єднання Industrial Ethernet для програмування і обміну даними з комп'ютером

Прикладне програмне забезпечення ПЛК виконано на мові FBD (FunctionalBlockDiagram) [35] і реалізує функції збору даних з первинних перетворювачів фізичних величин,

обробку вимірювальних сигналів і формування сигналів керування на виконавчі елементи установки згідно алгоритму функціонування, зокрема і гідроциклон-фільтра. Крім того, може

бути розширена функціональність системи керування установкою шляхом візуалізації процесу керування на динамічних мнемосхемах з локальним та віддаленим доступом оператора (користувача) [37].

Обговорення результатів дослідження

Зростаючі вимоги щодо екологічної безпеки технологічних процесів нанесення покриттів потребують розроблення нових і вдосконалення відомих існуючих способів нейтралізації та очищення відпрацьованих електролітів гальванічних цехів для переходу до «зелених технологій».

На відміну від відомих апаратно-технологічних схем переробки відходів гальванічних виробництв [30, 31] у склад розробленої нами установки додатково введено гідроциклон-фільтр для покращення очищення та оснащено установку системою автоматизованого керування процесом осадження, нейтралізації та очищення відпрацьованих електролітів для нанесення покриттів.

Одержані відходи перероблення гальванічних виробництв доцільно повторно використовувати у різних галузях, наприклад, у будівельній індустрії [38].

Технічний результат: підвищується надійність роботи, збільшується коефіцієнт корисної дії, продуктивність та економичність установки, а також забезпечується екологічна безпека як для обслуговуючого персоналу, так і для навколишнього природного середовища.

Висновки

Проведений аналіз способів нейтралізації та очи-

щення відпрацьованих електролітів гальванічних цехів нанесення покриттів показав, що перспективним є реагентний гідрохімічний, який базується на різній здатності сполук хрому до комплексоутворення та шляхи утворення рідких і газоподібних речовин.

Застосовано мехатронний підхід і комп'ютерне моделювання під час проектування установки для осадження, нейтралізації та очищення гальванічних відходів.

Введено у склад установки нову конструкцію гідроциклон-фільтра, яка забезпечує комбіноване очищення шляхом поєднання відцентрового очищення та фільтрування рідини.

Розроблено автоматизовану систему керування, яка забезпечує ефективний та зручний у використанні контроль технологічних параметрів осадження, нейтралізації та очищення відпрацьованого електроліту гальванічних ванн.

У подальших дослідженнях планується провести оптимізацію технологічних режимів для зниження собівартості процесу нейтралізації та очищення відпрацьованого електроліту.

Подяка.

Дослідження проводилося в рамках проекту, що фінансується Міністерством освіти і науки України за рахунок видатків загального фонду державного бюджету: «Розробка екологічно чистої технології хромовання в проточному електроліті довгомірних деталей зі складною топологією поверхні», Д 8-21-П (РК 0121U109591, 2021–2022 рр.).

Список використаної літератури.

1. Zhang N., Huang C., Zhang C., Shi N. Anticorrosion Property Study on the Hard Chrome Plating Layer of Hydraulic Cylinder Rod. *Advanced Materials Research*. 2013. Vol. 791–793. P. 394–397. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.791-793.394>.
2. Ngon D. T., Cuong L. C., Phoi N. V. Study of the Effect of Chrome Coating Layer to the Fatigue Strength of the Axial Machine Parts. *Proceedings – 3rd International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD-2016*. 2016. art. no. 7796635. P. 135–140. <https://doi.org/10.1109/GTSD.2016.40>.
3. Vinh P. N., Thien N. D., Chi C. L. Study the Effect of Chrome Coating Thickness to Fatigue Strength of the Axle-Shaped Machine Parts. *Proceedings 2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD-2018*. 2018. art. no. 8595550. P. 221–226. <https://doi.org/10.1109/GTSD.2018.8595550>.
4. Student M. M., Pohrelyuk I. M. Modification of the Surfaces of Aluminum and Titanium Alloys Aimed at the Improvement of Their Wear Resistance and Tribological Characteristics. *Materials Science*. 2021. Vol. 57. P. 377–386. <https://doi.org/10.1007/s11003-021-00552-z>.
5. Influences of the current density on the performances of the chrome-plated layer in deterministic electroplating repair / Xia H., Shen X. M., Yang X. C., et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 292 (1), art. no. 012075. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/292/1/012075>.
6. Yusron R. M., Bisoño R. M., Pramudia M. Effect Electrolyte Temperature and Electrode Distance to Electroplating Hard-Chrome on Medium-Carbon Steel. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1569 (4). art. no. 042007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042007>.
7. Остапович В. В., Роп'як Л. Я., Величкович А. С. Дослідження напружено-деформованого стану вкритої хромовим покривом ділянки штока поршневого насоса двосторонньої дії в умовах позаштатного навантаження. *Методи та прилади контролю якості*. 2013. № 2 (31). С. 118–125. ULR: <https://mpky.nung.edu.ua/index.php/mpky> (дата звернення: 07.03.2021).
8. Analytical study of "crosshead - Slide rail" wear effect on pump rod stress state / Ropyak L. Y., Velychkovych A. S., Vytvytskyi V. S., Shovkoplias M. V. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1741, № 1. art. no. 012039. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012039>.
9. Putri S., Pujiyanto E., Triyono J. Optimization of Electroplating Thickness Quality at Hip Joint Implant Using the Taguchi Method. *Jurnal Teknik Industri*. 2019. Vol. 20 (1). P. 45–52. <https://doi.org/10.22219/JTIUMM.Vol20.No1.45-52>.
10. Aydın Z., Aldıç G., Çimenoğlu H. An investigation on the mechanical properties of the hard chromium layer deposited by brush plating process on AISI H13 steel. *Archives of Materials Science and Engineering*. 2015. Vol. 65 (2). P. 87–92.
11. Functional Trivalent Chromium Electroplating of Internal Diameters / Kagajwala B., Hall T. D., Inman M., et al. *Products Finishing*. 2013. 1/2/2013. Digital Edition. ULR: <https://www.pfonline.com/articles/functional-trivalent-chromium-electroplating-of-internal-diameters> (дата звернення: 07.03.2021).
12. Ropiak L. Ya. Ostapovych, V.V. Optimization of process parameters of chrome plating for providing quality indicators of reciprocating pumps parts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* (2016). Vol. 2 (5 (80)), P. 50–62.

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65719>.

13. Ropyak L. Ya., Shovkoplias M. V., Vytvytskyi V. S. Determination of machining allowance for parts with chrome coatings. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2021. № 2. Р. 117–127. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2021.242339>.

14. Защита от коррозии. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Часть 1. / Ред. Р.С. Федорова. Москва : Издательство стандартов, 1990, 468 с. ISBN 5-7050-0072-3.

15. Katirci R. A chrome coating from a trivalent chromium bath containing extremely low concentration of Cr³⁺ ions. *International Journal of Surface Science and Engineering*. 2016. Vol. 10(1). P. 73–85. <https://doi.org/10.1504/IJSURFSE.2016.075318>.

16. Development of a Functional Reach Compliant Trivalent Chromium Electroplating Process / Hall T. D., Snyder S. T., Taylor E. J., et al. *ECS – 2017 The Electrochemical Society, ECS Meeting Abstracts, E01-Green Electrodeposition, 4, MA2017-01*. 2017. art. no. 1045. <https://doi.org/10.1149/MA2017-01/18/1045>.

17. Electrodeposition of chromium coatings from a choline chloride based ionic liquid with the addition of water / Protsenko V. S., Bobrova L. S., Baskevich A. S., et al. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2018. Vol. 53 (5). P. 906–915.

18. Chromium valence change in trivalent chromium conversion coatings on aluminium deposited under applied potentials / Qi J., Światowska J., Skeldon P., Marcus P. *Corrosion Science*. 2020. Vol. 167. art. no. 108482. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2020.108482>.

19. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» від 14.01.2020 р. № 52 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10 лютого 2020 р. за № 156/34439). *Офіційний вісник України* від 25.02.2020 – 2020 р., № 15, С. 20, стаття 608, код акта 98079/2020. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text> (дата звернення: 07.03.2021).

20. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті» від 14.07.2020 р. № 1595 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 31 липня 2020 р. за № 722/35005). *Офіційний вісник України* від 18.08.2020 – 2020 р., № 64, С. 107, стаття 2084, код акта 100354/2020. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text> (дата звернення: 07.03.2021).

21. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10» від 12.05.2010 р. № 400 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 01 липня 2010 р. за № 452/17747). *Офіційний вісник України* від 16.07.2010 – 2010 р., № 51, С. 99, стаття 1717, код акта 51857/2010. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 07.03.2021).

22. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України «Про затвердження Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення та Порядку визначення розміру плати, що справляється за понаднормативні скиди стічних вод до систем централізованого водовідведення» від 01.12.2017 р. № 316 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 15 січня 2018 р. за № 56/31508). *Офіційний вісник України* від 02.02.2018 – 2010 р., № 10, С. 132, стаття 383, код акта 88931/2018. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18#Text> (дата звернення: 07.03.2021).

23. ДСТУ ISO 11885:2005 Визначення 33 елементів методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ISO 11885:1996, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2007. ULR: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51733 (дата звернення: 07.03.2021).

24. Пляцук Л. Д., Мельник О. С. Аналіз технологій очистки гальванічних стоків в Україні. *Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки*. 2008. № 2 С. 116–121. ULR: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/1280> (дата звернення: 07.03.2021).

25. Wastewater purification technology by twostage treatment in electrical device of a compact local installation / Chelyadyn L., Kostyshyn V., Chelyadyn V., et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3(10 (105)). P. 63–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206815>.

26. Мельник Е. С. Альтернативная конструкция для электрокоагуляционной обработки сточных вод гальванопроизводства, содержащих хром. *Химия и технология воды*. 2016. № 1. С. 77–87. ULR: <http://jwct.org.ua/docs/t38-n1-249-melnik-77-87.pdf> (дата звернення: 07.03.2021).

27. Екологічна компанія Е.Т.Е (Ecology Tech Energy). Очищення стічних вод від гальванічного виробництва : веб-сайт. ULR: <https://ete.net.ua/ochyshhennya-stichnyh-vod-vid-galvanichnogo-vyrobnyctva/> (дата звернення: 07.03.2021).

28. Очищення стічних вод гальванічних виробництв сорбційними методами / Большаніна С. Б., Гурець Г. М., Балабуха Д. С., Міляева Д. В. *Екологічна безпека*. 2014. № 1/2014(17). С. 114–118. ULR: http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2014_1%2817%29/Pdf/114.pdf (дата звернення: 07.03.2021).

29. Роп'як Л. Я., Малишевська О. С. Екологічні аспекти утилізації відпрацьованого електроліту для мікродугового оксидування. *Прогресивні технології у машинобудуванні PTME-2019*: матер. доповідей VIII Міжнар. наук.-техн. конф. (4-8 лютого 2019 р.). Івано-Франківськ-Яремче : ІФНТУНГ. 2019. С. 208–209. ULR: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/8682> (дата звернення: 07.03.2021).

30. Проценко О. В., Дмитриков В. П., Сокур М. І. Технологічна схема комплексної утилізації відходів хромо-нікелевих гальванічних виробництв. *Екологічна безпека*. 2015. № 2/2015(20) С. 91–95. ULR: [http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2015_2\(20\)/PDF/91-95.pdf](http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2015_2(20)/PDF/91-95.pdf) (дата звернення: 07.03.2021).

31. International application PCT, Publication Number WO2015076773, IPC C02F9/08, C02F1/72, C01G37/14, C02F101/22.

Method for cleaning industrial water and wastewater of chromium compounds. Nosovskyi O. I., Verovka O. S. Publication Date 28.05.2015, International Application No.PCT/UA2014/000034, International Filing Date 20.03.2014, Priority Data u 201313557 21.11.2013 UA. ULR: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2015076773&_cid=P11-L26LP4-89503-1 (дата звернення: 07.03.2021).

32. Пат. на винахід 123124 Україна, МПК В01D50/00, В04С9/00, В01D24/46, В01D29/62. Циклон-фільтр для очищення газів або рідин. Роп'як Л. Я., Малишевська О. С., Маковійчук М. В., Пригоровська Т. О., Величкович А. С., Шовкопляс М. В. – № а201909830, заявл. 16.09.2019, опубл. 17.02.2021, Бюл. № 7. 15 с. ULR: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1477700/> (дата звернення: 07.03.2021).

33. Influence of the Composition of Electrolyte for Hard Anodizing of Aluminum on the Characteristics of Oxide Layer / Student M. M., Pohrelyuk I. M., Hvozdet'skyi V. M., et al. *Materials Science*. 2021. Vol. 57. P. 240–247. <https://doi.org/10.1007/s11003-021-00538-x>.

34 Quan C., He Y. Properties of nanocrystalline Cr coatings prepared by cathode plasma electrolytic deposition from trivalent chromium electrolyte. *Surface and Coatings Technology*. 2015. Vol. 269. P. 319–323. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.02.001>.

35. SIMATIC S7. S7-1200 Programmable Controller. System Manual: Siemens (A5E02486680-AK). – V4.2, 09/2016. 1614 p. ULR: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741593/simatic-s7-s7-1200-programmable-controller?dti=0&lc=en-US> (дата звернення: 07.03.2021).

36. SIMATIC. STEP 7 Professional V14 SP1 System Manual: Siemens. – 04/2017. 16098 p. ULR: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109747136/step-7-professional-v14-sp1?dti=0&lc=en-US> (дата звернення: 07.03.2021).

37. Заміховський Л. М., Николайчук М. Я. Левицький І. Т. Автоматизована система частотного керування насосними агрегатами з функціями диспетчеризації. *Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття: Щорічний каталог найвагоміших винаходів, корисних моделей, промислових зразків і раціоналізаторських пропозицій*. Довід. вид. / Редакційна колегія: Б. І. Середюк, Ж. П. Табанець, Л. М. Шляхтич, Л. Б. Бабій. Івано-Франківськ, 2017. С. 77–81.

38. Cannio M., Barbieri L., Bondioli F. Chromium (VI) galvanic bath: Chemical treatments and possible recycling ways of the obtained sludges. Management of Hazardous Residues Containing Cr(VI). In: *Management of Hazardous Residues Containing Cr(VI)* / Ed: Maria José Balart Murria. Nova Science Publishers, Inc. 2011. P. 135–158. ISBN: 978-1-61668-267-5. ULR:

https://www.academia.edu/17484865/ChemInform_Abstract_Chromium_VI_Galvanic_Bath_Chemical_Treatments_and_Possible_Recycling_Ways_of_the_Obtained_Sludges (дата звернення: 07.03.2021).

Ropyak L. Ya., Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
Nykolaychuk M. Ya., Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
Shovkoplyas M. V., Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
Vytyvtskyi V. S., Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas Ivano-Frankivsk, Ukraine
Romaniv M. M., Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
Bilinskyi V. M., Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
Automated installation for cleaning of galvanic waste

The paper considers the main types of coatings and their prevalence in the world refer to frequency of application in mechanical engineering. It is noted that the most metal coatings (i.e., electrochemical chrome coatings) and non-metallic (i.e., oxide coatings formed in different electrolytes) coatings are the most common among them. The analysis of methods and equipment for utilization of wasted electrolytes for the formation of coatings on machine parts in galvanic shops and sections is carried out. Electrolytes for electrochemical chromium plating of steels and for plasma electrolytic oxidation of aluminum alloys were selected as research objects. A systematic approach to solving the current problem of utilization of spent electrolytes of galvanic baths for coating is used. A systematic approach to solving the current problem of waste electrolytes utilization from galvanic baths is used, which is a particularly important task at the stage of transition to “green technologies” application. A technological scheme of waste electrolyte processing has been developed, which includes the precipitation, neutralization, and purification processes. A mechatronic approach and computer simulation were used to design the installation. The installation to implement the technology includes two reactors and a hydrocyclone filter connected by pipelines and equipped with pumps, liquid level indicators, pH metric equipment and an automated control system. The installation includes a new design of hydrocyclone filter, which provides combined cleaning of liquids from suspended particles of contamination by a simultaneous combination of centrifugal cleaning and filtration, as well as allows to wash its annular gap and regenerate the filter granular backfill filter cartridge. The developed technology of waste electrolytes utilization is efficient during operation and does not require expensive equipment; the process is environmentally and human friendly, and recycled products can be reused in the production cycle.

Key words: electrochemical chrome coating, plasma electrolytic oxide coating, technological process, electrolyte, mechatronics, reactor, hydrocyclone filter, green technologies.

Дата надходження до редакції: 31.05.2021