

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДІВ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНІЧНИХ СТОКІВ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Босюк А.С., Шестопапов О.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків

bosuyk0614@ukr.net, pheonixalex@gmail.com

Екологічна безпека – одна з головних задач сучасності, при вирішенні якої гостро стоїть питання щодо контролю над рівнем забруднення навколишнього середовища та раціонального використання водних ресурсів. На сьогодні, залишається не вирішеним питання очищення стічної води промислових підприємств, у т.ч. машинобудівних, від екологічно небезпечних домішок, які негативно впливають на природне середовище. Тому, у статті було вирішено актуальне науково-практичне завдання – підвищення екологічної безпеки машинобудівних підприємств шляхом удосконалення вже існуючих методів очищення стічної води, та зниження впливу забруднюючих речовин на довкілля. Обґрунтовано актуальність теми статті, сформульовано мету та завдання. Проведено аналіз науково-технічних джерел інформації, щодо використання сучасних технологій та методів очищення гальванічних стоків машинобудівних підприємств. Було виявлено, що стічні води від гальванічного виробництва є одним із небезпечних забруднювачів довкілля, тому у статті визначено основні чинники їх впливу на навколишнє середовище. Проведено аналіз чинників забруднення у галузі машинобудування. Проаналізовано склад та характер впливу забруднювачів гальванічних стоків на природне середовище, а також сучасні технології та методи очищення гальванічних стоків машинобудівних підприємств. Обрані критерії оцінювання дають змогу виявити наслідки прояву ризиків для виробничої діяльності. Встановлено, що небезпечні відходи мають канцерогенну, токсичну і мутагенну властивості. Була наглядно представлена принципова схема реагентної очистки стічних вод від іонів важких металів, як найпоширеніший метод. Виявлено, що універсального способу очищення стічної води не існує, тому було запропоновано використовувати комбіновані методи для більш ефективної очистки. *Ключові слова:* гальванічне виробництво, стічні води, машинобудування, реагентні технології, вплив на довкілля.

Analysis of modern technologies and methods of purification of galvanic waste in machine-building industry. Bosiuk A., Shestopalov O.

Environmental safety is one of the main problems of modern times, in the solution of which the issue of control over the level of environmental pollution and the rational use of water resources is acute. Today, the issue of wastewater treatment of industrial enterprises remains unresolved, including engineering, from environmentally hazardous impurities that negatively affect the natural environment. Therefore, the article solved an actual scientific and practical task – increasing the environmental safety of machine-building enterprises by improving existing methods of wastewater treatment and reducing the impact of pollutants on the environment. The relevance of the topic of the article is substantiated, the goal and task are formulated. The analysis of scientific and technical sources of information on the use of modern technologies and methods of cleaning galvanic effluents of machine-building enterprises was carried out. It was found that wastewater from galvanic production is one of the dangerous pollutants of the environment, so the main factors of their impact on the environment are defined in the article. An analysis of pollution factors in the field of mechanical engineering was carried out. The composition and nature of the impact of galvanic effluent pollutants on the natural environment, as well as modern technologies and methods of cleaning galvanic effluents of machine-building enterprises are analyzed. The selected evaluation criteria make it possible to identify the consequences of the manifestation of risks for production activities. It has been established that hazardous waste has carcinogenic, toxic and mutagenic properties. The principle scheme of reagent purification of wastewater from heavy metal ions, as the most common method, was clearly presented. It was found that there is no universal method of wastewater treatment, so it was suggested to use combined methods for more effective treatment. *Key words:* galvanic production, wastewater, mechanical engineering, reagent technologies, impact on the environment.

Постановка проблеми. Водоспоживання України становить близько 8% від світового [1]. Промислові підприємства (ПП) витрачають величезну кількість води, а деякі вимагають навіть безперервної її подачі. Крім того, споживання води збільшується зі збільшенням потужності підприємств та використанням складних технологічних процесів [2]. Охорона навколишнього середовища та раціональне використання водних ресурсів в Україні має досить велике значення. Збільшення потужності

виробництва, у тому числі машинобудівного, викликає необхідність у створенні сучасних технологій захисту навколишнього середовища задля попередження негативного впливу виробничих стічних вод на водойми.

Стічні води гальванічного виробництва відносяться до найбільш шкідливих рідких відходів промислових підприємств. У зв'язку із різноманітним складом, властивостей та витрати стічних вод таких підприємств необхідно передбачати використання

спеціальних методів, а також споруд з попередньою та повною очисткою цих вод.

Стічні води гальванічного виробництва розрізняють за концентрацією домішок, режимом скиду та складом забруднень.

За концентрацією забруднення стоки гальванічного виробництва поділяються на концентровані (відпрацьовані технологічні розчини, електроліти, розчини ванн уловлення) і розведені (промивні води після різних технологічних операцій). Концентрації забруднень у концентрованих стоках зазвичай складають 10–400 г/л, а у розведених стоках – 1–100 мг/л.

За режимом скиду, стічні води ділять на періодичні (відпрацьовані технологічні розчини, електроліти, розчини ванн уловлювання, стоки від промивки фільтрів витяжної вентиляції і технічного миття обладнання) і ті, які постійно надходять (промивні води, що утворюються при митті виробів у проточних ваннах після обробки).

За складом забруднень стічні води гальванічного виробництва поділяють на: кислотні, лужні, хромо-вмісні, ціановмісні, фторовмісні, іони важких металів (мідьвмісні, нікель та ін.).

Такий поділ стічної води за складом зазвичай є умовним, оскільки у воді може міститись декілька забруднень одночасно. Сумісне або роздільне відведення різних категорій стічних вод у подальшому визначається за допомогою методів, які будуть використовувати для їх знешкодження, очистки чи утилізації цінних компонентів, які містяться у цих водах.

З недостатньо очищеними гальваностоками щороку у водні об'єкти потрапляють такі високотоксичні важкі метали, як: цинк – 3,3 тис.т, нікель – 2,4 тис.т, хром – 0,5 тис.т та ін.

У галузі очищення стічних вод основним завданням є розробка водовідвідних та водоочисних систем, які використовують сучасні методи очистки, автоматизацію процесів водоочищення та можливість повторного її використання.

Стічні води виробництва у своєму складі містять неорганічні кислоти, луги, солі важких металів, нафтопродукти, а також поверхнево-активні речовини. Гальванічні стоки, в залежності від виду забруднюючих речовин та їх концентрації (хромо-вмісні, кислото-лужні, ціановмісні) відводять декількома потоками на очисні споруди. Очистка забруднених стічних вод є обов'язковим технологічним процесом перед скидом їх за межі цеха чи території підприємства загалом. Значне скорочення обсягів скидів й перехід до замкненого циклу водокористування є головним та пріоритетним напрямом захисту водного середовища у промисловості, що дасть можливість зменшити негативний вплив на оточуюче середовище та здоров'я людини. Саме тому розробка та вдосконалення методів очищення стічної води є актуальним науковим завданням сьогодення.

Мета і завдання дослідження. Метою статті є аналіз впливу гальванічних стоків машинобудівних

підприємств на навколишнє середовище та пошук сучасних прогресивних технологічних методів очистки стічних вод, які відповідають останнім досягненням у сфері електрохімії, розділу фаз, седиментації, фільтрації через полімерні матеріали і т.д. відносно технології водоочищення.

Для досягнення цієї мети у статті необхідно було вирішити наступні завдання:

– дати загальну характеристику впливу машинобудівельної галузі на довкілля;

– проаналізувати склад стоків гальванічного виробництва та описати вплив стічних вод на довкілля;

– класифікувати методи очищення стічних вод машинобудівної промисловості;

– виділити перспективні технологічні напрями та рішення задля більш ефективного очищення гальванічних стоків.

1. Аналіз впливу стічних вод гальванічного виробництва на довкілля. Гальванічне виробництво є одним з найбільш поширених та небезпечних антропогенних забруднювачів навколишнього середовища. Це пов'язано з утворенням висококонцентрованих токсичних стічних вод, орієнтовний об'єм яких в Україні сягає понад 500 млн м³ на рік [3]. Гальванічні стоки містять солі важких металів, кислоти, луги, поверхнево-активні речовини та ін. Зазначимо, що під час технологічного процесу втрачається 50–70% кольорових металів та 80–95% кислот та лугів. Іони металів, що безповоротно втрачаються зі стічними водами, після видалення та переробки могли б повторно використовуватися: в гальванічних цехах як анодні матеріали (наприклад, мідь, цинк, нікель), в лакофарбових виробництвах для отримання пігментів (сполуки хрому, ZnO, ZnS, оксид міді), в деревообробній промисловості (ZnSO₄, ZnCl₂), у хімічних процесах отримання сахарину, гідрохінону, пористих пластиків та шліфувально-полірувальних паст (Cr₂O₃, солі хрому), виготовленні акумуляторів, каталізаторів для знешкодження газових викидів та в інших галузях [4].

Технологія гальванічного виробництва в тій чи іншій мірі впливає на довкілля та життєдіяльність людини. Вирішення цього екологічного питання потребує детального розгляду.

До найбільш небезпечних відносять стічні води, що містять токсичні сполуки Cr⁶⁺, активність якого має міграційний потенціал у природному середовищі, що, в свою чергу, негативно позначається на стані всієї екосистеми та призводить до порушення екологічної рівноваги у навколишньому середовищі. Також, небезпеку довкіллю несуть тверді відходи, які при неналежному захороненні і при порушеннях в захисному екрані сховища забруднюють ґрунти та ґрунтові води.

Розв'язання даної задачі неможливе без застосування методів прогнозування і математичного моделювання, адже це основні інструменти системного

аналізу, які в певних випадках дозволяють обійтися без трудомістких і дорогих експериментів [5].

2. Методи очищення стічних вод. Очищення стічних вод – обробка стічних вод з метою руйнування або видалення з них шкідливих речовин, що проводиться механічними, хімічними, фізико-хімічними та біологічними методами, коли ж вони застосовуються разом, то досягається висока якість очищення. Застосування того чи іншого методу в кожному конкретному випадку визначається характером виробничих процесів, ступенем шкідливості домішок, складом забруднень [6].

У своїй більшості на підприємствах використовують такі процеси: тверде хромування, електрополірування, хімічне нікелювання, спеціальне нікелювання, електрохімічне нікелювання, анодне оксидування деталей із алюмінієвих сплавів, анодне та хімічне оксидування магнію, хімічне оксидування сталі, хімічне фосфатування, катодне хромування, ціаністе цинкування та кадмування, декоративне покриття нікель-хром для латунних деталей.

На сьогоднішній день не існує універсального методу очистки стічних вод гальванічного виробництва за усіма видами забруднень. Тому, очистка стоків відбувається, як правило, комбінацією методів, кожний з яких має як переваги, так і недоліки. Вибір методу очистки обумовлюється кількісною та якісною характеристикою стічних вод, вимогам до якості очищеної води та можливістю придбання необхідних реагентів та обладнання.

Найбільш поширені методи очистки стічних вод від важких металів – реагентні, фізико-хімічні (у т.ч. електрохімічні), іонообмінні, мембранні, біохімічні. Загалом, ці методи відрізняються один від одного застосуванням реагентів, апаратним оформленням та ступенем автоматизації.

Реагентні технології очищення стічних вод галузей приладо- та машинобудування дотепер є найпоширенішими (понад 80%). Ці способи застосовуються практично у всіх схемах, заснованих на фізико-хімічних методах очищення стічних вод або у вигляді окремих технічних рішень в інших методах для попереднього знешкодження і очищення стоків, що містять хром, з великим вмістом фосфатів, висококочентрованих фторовмісних стоків та інших [7].

Технічний процес такого методу містить наступні операції: розділ стоків на кислото-лужні, хромо-, фторо- та ціановмісні; накопичення і усереднення стоків за видами; знешкодження хромо- та ціановмісних стоків реагентами у реакторах періодичної або безперервної дії; нейтралізація стоків; виділення утворених гідроксидів у вигляді осаду у відстійниках або на флотаційних апаратах; скид висвітленої води у каналізацію або подання на повторне використання.

Для забезпечення ефективного очищення попередньо виконується обробка окремо ціано-, хромо- і фторовмісних стічних вод, після чого вони ней-

тралізуються спільно з кислото-лужними стоками. Після чого іде стадія осадження гідроксидів металів та інших нерозчинних з'єднань, а при необхідності очищення на механічних та сорбційних фільтрах [7]. На рис. 1 зображена принципова схема реагентної очистки стічних вод від іонів важких металів.

При об'ємах стічних вод до 30 м³/год зазвичай рекомендується періодична схема очистки, а при великих – змішана або безперервна [7].

До недоліків методу слід віднести утворення великої кількості осаду гідроксиду заліза, що в свою чергу збільшує навантаження на вузол освітлення та механічного зневоднення осаду (фільтрпрес) очисних споруд.

В наш час у технології очистки стічних вод гальванічних виробництв все частіше використовують електрохімічні методи: електрохімічне відновлення та окислення; електрокоагуляція; електромагнітна очистка; гальванокоагуляція (мікроферитизація); електродіаліз. Головною перевагою електрохімічних методів у порівнянні з реагентними є зниження витрат реагентів, що призводить до зниження засолення води в процесі її очистки та сприяє використанню очищеної води у гальванічному виробництві.

Іонообмінні методи очистки води від розчинних домішок оснований на тому, що катіони та аніони іонообмінних смол мають здатність обмінюватись на катіони і аніони, що містяться у стічних водах. Метод рекомендується для очистки промивних стічних вод з невеликими концентраціями забруднень, а також для очистки стічної води після реагентних або електрохімічних методів, окрім стоків, що містять поверхнево-активні речовини, органічні сполуки та масла.

Метод іонного обміну забезпечує глибоку очистку стічних вод і подачу до цеху гальванопокриттів води високої якості, значно перевищуючого якість води міського водопроводу, що забезпечує збільшення терміну служби технологічних розчинів. Після вичерпання обмінної ємності катіонів та аніонів здійснюється їх регенерація, яка включає в себе наступні операції: розпушування навантаження, сама регенерація та відмивка завантаження.

Мембранні методи очистки стічних вод засновані на виділенні з води забруднюючих речовин фільтруванням під надмірним тиском через напівпроникні мембрани. В залежності від розміру пор напівпроникних мембран розрізняють процеси ультрафільтрації і гіперфільтрації (зворотній осмос). Ультрафільтраційні мембрани дозволяють виділити з води речовини колоїдної ступені дисперсності за тиском фільтрування до 1 МПа. Гіперфільтраційні мембрани дозволяють виділити з води розчинні солі при надмірному тиску до 10 МПа.

У випадку очистки мембранними методами суміші різних стічних вод, виникає складність з подальшою обробкою розсолів, кількість яких досягає 30% від об'єму води, яку очищають.

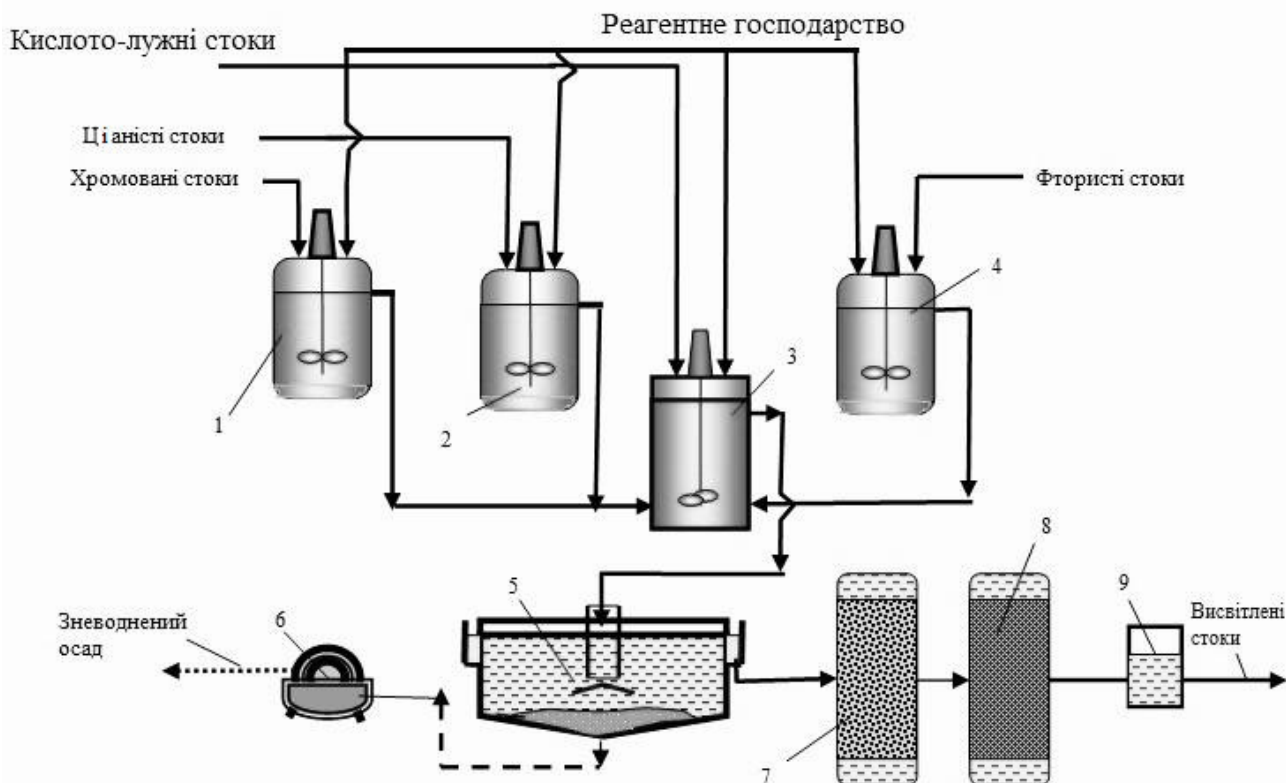


Рис. 1. Принципова схема обробки стоків реагентним методом

1 – лінія обробки стоків, які містять Cr^{6+} ; 2 – лінія обробки стоків, які містять CN^- ; 3 – лінія нейтралізації всіх видів стоків; 4 – лінія обробки стоків, які містять фториди; 5 – блок висвітлення стоків; 6 – ділянка зневоднення осаду; 7 – механічні фільтри; 8 – сорбційні фільтри; 9 – ділянка висвітлення осаду

3. Повторне використання води – один із шляхів вирішення питання екологічної безпеки. Для розробки раціональної схеми водовідведення і оцінки можливості повторного використання виробничих стічних вод визначають їх склад і режим водовідведення. При цьому аналізують фізико-хімічні показники стічних вод і режим надходження в каналізаційну мережу не тільки загального стоку промислового підприємства, але й стічних вод від окремих цехів [2].

Виробництво чистої води на промисловому підприємстві – невід’ємна частина безвідходного виробництва. При створенні замкнутої системи передбачається обробка та повернення у виробництво слабкокочуваних промивних вод, переробка відпрацьованих технологічних розчинів з виділенням, використанням корисних компонентів та знешкодження всіх утворених відходів. У замкненій системі водопостачання відбувається локальне очищення хром-, мідьмісних і кислото-лужних промивних вод методом нейтралізації, осаджування та сорбції з метою виділення основної частини забруднень. Потім окремі потоки промивних вод об’єднуються в один загальний потік і направляються для демінералізації на зворотно-осмотичні установки. Отриманий в результаті обробки концентрат відправляють на установку доупарювання. Фільтрат

після зворотно-осмотичних установок і конденсат використовують для технологічних потреб виробництва. Концентрат з установками доупарювання подають на установки спалювання спільно з відходами.

Висновки. Під час аналізу публікацій виявлено, що машинобудівельна галузь характеризується наступними видами впливу: концентрацією домішок, режимом скиду та складу забруднень.

Завдяки складу стічних вод гальванічного виробництва визначається метод за допомогою якого буде здійснюватися подальша очистка стічної води.

Спостерігаються наступні напрями впливу на довкілля: водне середовище, ґрунтові води, що призводить не лише до інтоксикації водних організмів, але і до подальшого забруднення інших природних компонентів, у т.ч. ґрунтів.

У статті було вирішено актуальне науково-практичне питання щодо зниження екологічної небезпеки використання гальванічних стічних вод за рахунок удосконалення виробничих схем та із застосуванням комбінованих методів очистки стічних вод, що забезпечить раціональне використання природних ресурсів та додержання нормативів шкідливих впливів на довкілля.

Серед вже існуючих технологій та методів очистки стічних вод гальванічних виробництв машинобудівної галузі найбільш ефективним можна вважати

реагентні технології. Але в поєднанні з іншими методами ефективність очистки буде збільшуватись. Тому, можна сказати, що застосування комбінованих способів, на сьогодні, є найбільш результативним і дозволяє забезпечити більш високий ступінь очищення від домішок, що містяться у високих концентраціях та характерні для підприємств машинобудівної галузі.

Увесь світ, Україна в тому числі, прагне у виробництві використовувати лише безвідходні технології. У галузі очистки гальванічних стоків – це ство-

рення замкнених водооборотних схем та повторне використання вже очищеної води у виробництві. Це дасть можливість значно зменшити навантаження на навколишнє середовище та підвищити рівень екологічної безпеки населення країни та світу загалом. Вибір того чи іншого методу очищення води конкретного підприємства залежить від кількісного та якісного складу забруднюючих речовин та обов'язкового проведення експериментальних досліджень для розуміння ефективності обраного методу очистки.

Література

1. Петрук В.Г., Северин Л.І., Васильківський І.В., Безвозюк І.І. Природоохоронні технології: навчальний посібник. Ч. 2: Методи очищення стічних вод. Вінниця : ВНТУ, 2014. 5 с.
2. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси), фахове спрямування «Раціональне використання і охорона водних ресурсів». Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017, 5 с.
3. Пляцук Л.Д., Мельник О.С. Аналіз технологій очистки гальванічних стоків в Україні. Вісник СумДУ. 2008. № 2. С. 116–121.
4. Терещенко А.Д., Фарафонова І.А., Таратуто А. С. Катализаторы, полученные на основе отходов гальванических производств. Экологические и ресурсосбережение. 1999. № 3. С. 86–90.
5. Бевза А.Г., Кутлахмедов Ю.О. Моделирование влияния гальванического производства на навколишнє середовище та людину. Екологічна безпека. 2011. № 2/2011. С. 112.
6. Шестопалов О.В., Гетта О.С., Рикусова Н.І. Сучасні методи очищення стічних вод харчової промисловості. Екологічні науки. 2019. № 25. С. 23.
7. Урецкий Е.А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий : монография / под редакцией зам. директора по научной работе Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси д.г.н. Волчека А.А., 2007. 86 с.