

ISSN 2223-0858

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

"ЕНЕРГЕТИКА І АВТОМАТИКА"

№ 3(25)

Київ - 2015

ЕНЕРГЕТИКА І АВТОМАТИКА

науковий журнал

№ 3(25), 2015

Засновник: Національний університет біоресурсів і природокористування України

Рекомендовано до друку Вченою радою НУБіП України, протокол №4 від 30.10.2015 р.

Головний редактор: І. І. Ібатулін, д-р с.-г. наук, академік НААН України

Заступник головного

редактора: В. В. Козирський, д-р техн. наук

Члени редколегії: В. В. Бойко, канд. фіз.– мат. наук; І. М. Болбот, канд. техн. наук; В. В. Василенко, д-р техн. наук; С. М. Волошин, канд. техн. наук; Л. С. Герасимович, академік, д-р техн. наук; Ю. Б. Гнучій, д-р фіз.– мат. наук; В. Г. Горобець, д-р техн. наук; М. В. Гребченко, д-р техн. наук; Б. Х. Драганов, д-р техн. наук; А. В. Жильцов, д-р техн. наук; М. М. Заблоцький, д-р техн. наук; В. В. Зорін, д-р техн. наук; Г. Б. Іноземцев, д-р техн. наук; В. В. Каплун, д-р техн. наук; І. П. Кондратенко, д-р техн. наук; О. Б. Коршунов, канд. техн. наук; В. П. Лисенко, д-р техн. наук; М. Л. Лисиченко, д-р техн. наук; Т. Нурек, д-р техн. наук; В. В. Овчаров, д-р техн. наук; В. Ф. Резцов, чл.-кор. НАН України; Ю. І. Тугай, д-р техн. наук; Л. С. Червінський, д-р техн. наук; В. В. Харченко, д-р техн. наук; А. Хоховські, д-р техн. наук; А. І. Чміль, д-р техн. наук; С. А. Шворов, д-р техн. наук; Ю. Яцкевич, д-р техн. наук.

Відповідальний секретар: О. Ю. Синявський, кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск: В. В. Савченко, кандидат технічних наук (заступник відповідального секретаря)

Фахова реєстрація: Наказ МОН України №747 від 13.07.2015 р.

Збірник наукових праць включено до бібліографічної бази даних наукових публікацій РІНЦ (ліцензійний договір від 1 листопада 2013 р. № 666-11/2013), бази даних Ulrich's Periodicals Directory.

Адреса редакції: Національний університет біоресурсів і природокористування України,
ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження,
вул. Героїв Оборони, 12, Київ, Україна, 03040
тел.: (044) 527-85-20

УДК 628.16.087+631.171:636.5

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ
УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ
СВОЙСТВ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ (НА ПРИМЕРЕ ГАЛЬВАНОСТОКОВ)**

В. Н. Штепа, кандидат технических наук

ООО "Научно-технологический парк "Полесье"

Р. Е. Кот, студент магистратуры

Национальный университет биоресурсов и природопользования

Украины

e-mail: shns-4@bigmir.net

Аннотация. *Проанализированы существующие конструкции электролизных установок, рассмотрены научные подходы относительно их конструктивно-технологической классификации при решении задачи электрохимического изменения свойств водных растворов. Установлены особенности очистки сточных вод гальванических производств; выделен ряд задач такого оборудования. На модельном водном растворе определены конструктивные особенности электролизных установок очистки сточных вод гальванопроизводства; полученные закономерности подтверждены на сточных водах реальной линии гальванопокрытия. Сделаны выводы относительно дополнительного оборудования интенсификации функционирования электролизных установок изменения свойств водных растворов.*

Ключевые слова: *электрохимическая активация, рН-коррекция, электролизёр, водоочистка, водоподготовка, интенсификация.*

В процессе электролиза воды и водных сред при потенциалах, превышающих потенциал разложения воды (1,23 В), возможно протекание ряда типовых электрохимических и химических реакций [1]. При этом, если этот процесс осуществляется, например, в двухкамерном электролизере с

разделительной мембраной нейтрального типа, то в катодной камере такого электролизера генерируются валентно-ненасыщенные частицы (радикалы) Hads, Oads и OH-ионы, в анодной камере – OHads, Oads и H-ионы. Возможно также образование перекиси водорода и озона, все зависит от материала электрода и потенциала электролиза. Образовавшиеся таким образом валентно-ненасыщенные частицы (радикалы) обладают повышенной реакционной способностью. Кроме того, электрический ток ведет себя как сильнейший окислитель (или восстановитель), более сильный, чем, например, перекись водорода или бария или бихромат калия [4]. Явление, связанное с формированием смеси различных валентно-ненасыщенных частиц (радикалов) под действием электрического тока, называется электрохимической активацией водных растворов. Данное явления можно использовать для интенсификации процессов электрохимической водоочистки и водоподготовки.

Цель исследований – обоснование конструкции электролизной установки электрохимического изменения свойств водных растворов.

Материалы и методика исследований. В настоящее время тяжёлые металлы занимают одно из лидирующих мест среди наиболее опасных факторов в общем загрязнении окружающей среды [1-5]. Серьёзную опасность представляет сброс в водоёмы, особенно малопроточные (озёра, водохранилища), сточных вод, загрязнённых биогенными элементами (соединениями фосфора и азота). В воде, содержащей органические вещества и биогенные элементы, происходит интенсивное размножение микроскопических сине-зелёных водорослей. Временами поверхность воды покрывается сплошным слоем водорослей ядовито-зелёного цвета, происходит цветение водоёмов. Некоторые сине-зелёные водоросли выделяют в воду токсичные вещества. Отмирая, сине-зелёные водоросли полностью обескислороживают воду водоёма и загрязняют её продуктами разложения.

Значимыми загрязнителями сточных вод тяжёлыми металлами являются гальванопроизводства [1]. Сточные воды гальванического производства различают по составу загрязнений, режиму сброса и концентрации. По режиму

сброса стоки подразделяются на постоянно поступающие разбавленные воды от проточных ванн после промывки в них деталей; промывные воды и периодически сбрасываемые из непроточных ванн; отработанные концентрированные электролиты и растворы. По составу загрязнений сточные воды делятся на четыре группы: кислотно-щелочные, цианосодержащие, хромосодержащие, фторсодержащие.

Наиболее распространенный метод очистки гальваностокков заключается в переводе растворимых веществ в нерастворимые при коррекции рН водных растворов [3]. Для решения такой задачи можно использовать один их типов электролизёров (рис. 1) – рН-корректоры [4].



Рис. 1. Классификация процессов в электролизных установках

При этом учитывается необходимость дальнейшего удаление из потока сточных вод синтезированных гидроксидов тяжёлых металлов и тонкодисперсных примесей. Для этого предусматривается использовать

процесс электрофлотокоагуляции. Также необходима обратная рН-коррекция – для доведения сточных вод до нормативных требований относительно сброса.

В качестве водных растворов использовали кислотные сточные воды реальных линий оцинкования и никелирования. Для решения задачи был разработан экспериментальный проточный многокамерный диафрагменный электролизёр (рис. 2).

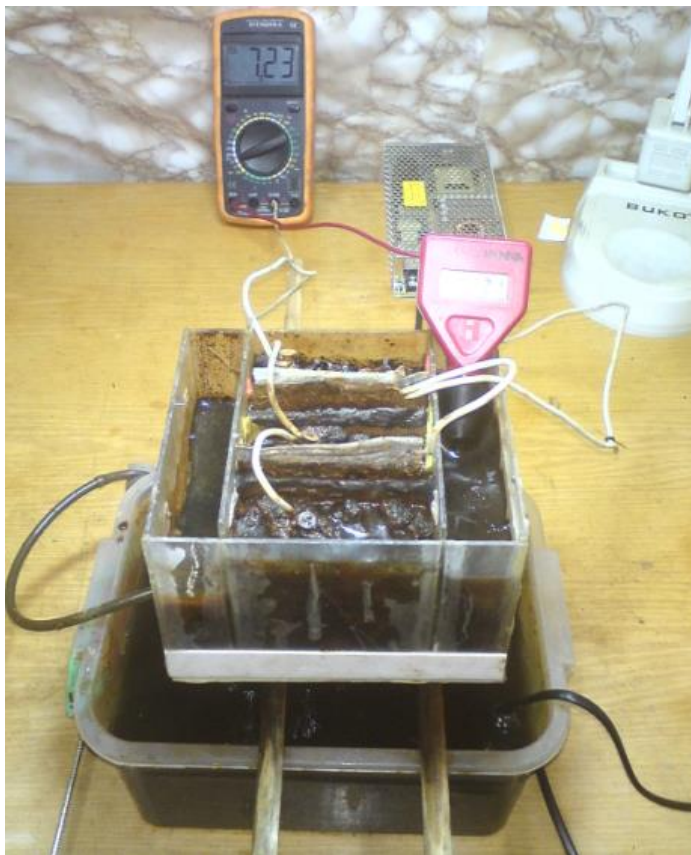


Рис. 2. Внешний вид экспериментальной электролизной установки

Материал анода – комбинированный: Ст. 3 и графит; катода – нержавеющая сталь. Принцип работы – замкнутый циркуляционный контур. Межэлектродное расстояние – 3 мм.

Результаты экспериментов. В результате предварительных экспериментальных исследований установлено, что гидроксиды тяжёлых металлов-загрязнителей в сточных водах соответствующих технологических линий выбранного предприятия образуются при повышении рН до 9,5. Время полного хлопьеобразования при таком значении рН – 2 минуты.

Поэтому задача рН-корректора – гарантировано обеспечить значение сточных вод выше 9,5, желательно – больше 11. При этом необходимо генерирование и анолита – для дальнейшей нейтрализации сточных вод.

На первом этапе провели исследования функциональных особенностей: в качестве модельных растворов использовали водопроводную воду ($t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) в которую добавлялся раствор NaCl (16,7 г/л) – для поддержания рабочей силы тока (таблица, рис. 3); а также изменялась скорость потока воды между электродами.

Результаты электрохимической обработки сточных вод

Параметр	Номер досліду				
	1	2	3	4	5
$V, \text{ м/с}$	0,67	1,245	2,2	2,6	3,2
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0.0000031573	0.0000058669	0.0000103672	0.0000122522	0.0000150796
$I, \text{ А}$	10,9 ... 11,4	10,0 ... 10,5	7,5 ... 7,8	8,8 ... 9,2	7,95 ... 8,15
$\text{pH}_{\text{вх}}$	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
$\text{pH}_{\text{А}}$	2,35	4,2	4,8	3,1	6,3
$\text{pH}_{\text{К}}$	12,7	12,3	12,8	12,6	12,7

где I – сила тока; $\text{pH}_{\text{вх}}$ – рН входного раствора; $\text{pH}_{\text{А}}$ – рН в анодной зоне; $\text{pH}_{\text{К}}$ – рН в катодной зоне

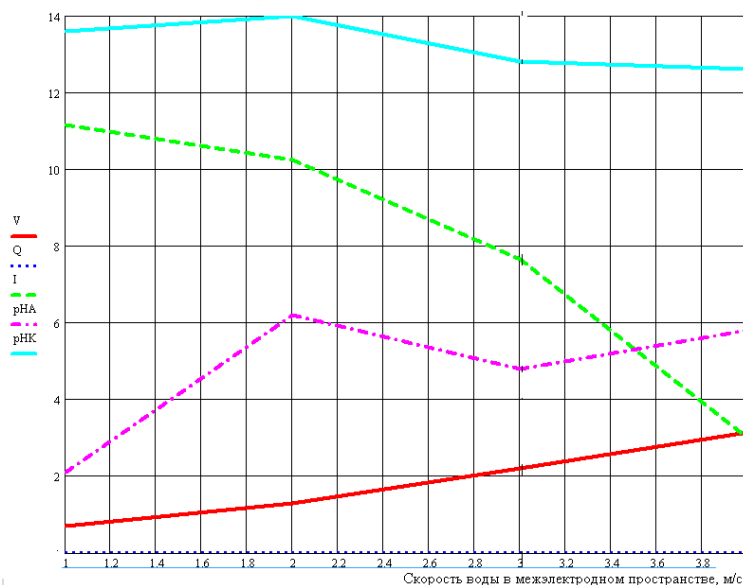


Рис. 3. Графическая интерпретация экспериментальных исследований

В результате экспериментов на модельном растворе была подтверждена эффективность разработанной конструкции.

Потом в рН-корректор подали сточные воды гальванопроизводства (без добавления в водный раствор NaCl, температура – 25 °С). Получили следующие результаты:

входное рН – 3,4;

сила тока - 1,3 - 1,35 А;

рН (анодная зона) - 3-3,3;

рН (катодная зона) - 10,2-10,3;

скорость потока - 0,8-0,9 м/с.

Таким образом, подтверждена эффективность электрохимической активации водных растворов в задачах водоочистки, на примере разработанного рН-корректора гальваностоков, что позволяет направленно изменять состав растворенных газов, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства воды в пределах, намного больших, чем при эквивалентном химическом регулировании, позволяет синтезировать из воды и растворенных веществ химические реагенты (окислители или восстановители) в метастабильном состоянии.

Выводы

Разработана конструкция электролизной установки, эффективность которой экспериментально подтверждена на примере направленного изменения свойств гальваностоков, имеет практический интерес, при обеспечении ряда других процессов: укрупнения комплексов продуктов реакций тяжёлых металлов и других загрязнителей (электрофлокоагуляция); выдержки требуемых времени реакций и разделения потоков таких растворов (центрифуги, гидроциклоны); конечной фильтрации загрязнителей.

Список литературы

1. Карбаинов Ю. А. Электрохимическая активация / Ю. А. Карбаинов // *Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды.* – Томск: ТГУ. – 1995. – № 3. – С. 141–142.

2. Штепа В.М. Дослідження динамічних властивостей електрокоагулятора як об'єкта управління / В.М. Штепа // Енергетика і автоматика. – 2009. – №2 (02). Режим доступу:

http://www.nbuuv.gov.ua/e%2Djournals/eia/2009_2/09svmooc.pdf

3. Штепа В.М. Програмне забезпечення енергоефективної інтелектуальної системи керування електрокоагуляційною очисткою стічних вод птахівничого комплексу / В.М. Штепа // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНУТСГ. – 2008. – Вип. 73. – Т.2. – С.87-89.

4. Штепа В. М. Оцінка енергетичних характеристик процесів очищення стічних вод агропромислових підприємств електротехнічними комплексами / В. М. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП України. – 2014. – Вип. 194. – Частина 3. – С. 259 – 265.

5. Штепа В. М. Обґрунтування алгоритму експериментально-аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових об'єктів з метою побудови енергоефективних систем управління / В. М. Штепа // Енергетика і автоматика. – 2012. – №1 (11). – Режим доступу:

http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_2_10.pdf

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ (НА ПРИКЛАДІ ГАЛЬВАНОСТОКІВ)

В. М. Штепа, Р. Є. Кот

Анотація. Проаналізовано існуючі конструкції електролізних установок, розглянуто наукові підходи щодо їх конструктивно-технологічної класифікації при вирішенні завдання електрохімічної зміни властивостей водних розчинів. Встановлено особливості очищення стічних вод гальванічних виробництв; встановлено, які завдання має вирішувати таке обладнання. На модельному

водному розчині встановлені конструктивні особливості електролізних установок очищення стічних вод гальвановиробництва; отримані закономірності, які підтверджені на стічних водах реальної лінії гальванопокриття. Зроблено висновки щодо додаткового обладнання для інтенсифікації функціонування електролізних установок зміни властивостей водних розчинів.

Ключові слова: *електрохімічна активація, рН-корекція, електролізер, водоочищення, водопідготовка, інтенсифікація.*

**EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF DESIGN DEVICES FOR
ELECTROCHEMICAL PROPERTIES CHANGES OF AQUEOUS
SOLUTIONS (FOR EXAMPLE GALVANIC)**

V. Shtepa, R Cot

Annotation. *Analyzed the existing structure electrolysis plants, considered scientific approaches regarding their structural and technological classification in solving the problem of electrochemical changes in the properties of water has dissolved. The features of electroplating wastewater treatment plants; set which tasks should be decided by such equipment. On the model aqueous solution set of design features electrolysis wastewater treatment plants electroplating; The resulting pattern confirmed at the wastewater real line plating. The conclusions regarding the intensification of additional equipment functioning electrolysis plants change the properties of aqueous solutions.*

Key words: *electrochemical activation, pH correction, electrolyzer, water treatment, water, intensification.*

ЗМІСТ

1. В. А. Кирилович <i>СИСТЕМА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ КРИТЕРІЇВ ЯК ОСНОВА УМОВ КРИТЕРІАЛЬНОЇ РЕАЛІЗОВАНОСТІ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ СИНТЕЗІ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</i>	5
2. Б. Х. Драганов <i>К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ</i>	19
3. В. Н. Штена, Р. Е. Кот <i>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ (НА ПРИМЕРЕ ГАЛЬВАНОСТОКОВ)</i>	26
4. А. І. Чміль <i>ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОВИТРАТ РУЧНОЇ ПРАЦІ В ТВАРИННИЦТВІ</i>	34
5. I. Bolbot <i>EXERGOECONOMIC OPTIMIZATION OF POWER SYSTEMS</i>	45
6. Р. М. Чуєнко, С. С. Макаревич, В. В. Гаврилюк <i>ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ КОМПЛЕКС З КОМПЕНСОВАНИМИ АСИНХРОННИМИ МАШИНАМИ</i>	54
7. О. Ю. Синявський, В. В. Савченко <i>ВПЛИВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ТВАРИННИЦТВІ</i>	60

8. Б. Х. Драганов

*ГЕЛИОАДСОБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ*

70

9. В. В. Гаврилюк

*МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ТА МЕХАНІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИК
КОМПЕНСОВАНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В ПРОГРАМНОМУ
СЕРЕДОВИЩІ MATLABSIMULINK*

75

10. О. В. Шеліманова

*ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ ДЛЯ СУШІННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ*

85

11. О.В. Шіхабутінова

*ТРИКАМЕРНА ПІЧ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ СУМІШІ ТОРФУ З
ВІДХОДАМИ ДЕРЕВИНИ*

91

12. В. Є. Василенков

*ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ЯВИЩ ЗА
ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЕЙ*

103

13. О. В. Гай, О. О. Заводовський, П. В. Петров

*ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ
ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ЩОДО РОЗМІЩЕННЯ ВАКУУМНИХ
РЕКЛОУЗЕРІВ У РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ*

110

14. В. А. КИРИЛОВИЧ

*УМОВИ ПАРАМЕТРИЧНОЇ РЕАЛІЗОВАНОСТІ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ
СИНТЕЗІ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ*

121