

Совершенствование автоматизированной системы управления нестандартными процессами дозирования реагентов гальванического производства

А.С. Журавлев, Г.В. Прокофьев, А.С. Климов, А.П. Звезинцева

Сибирский федеральный университет, Красноярск

Аннотация. Как известно, экология - один из наиважнейших вопросов современности, что подчёркивает актуальность рассматриваемой в статье проблемы - автоматизации системы дозирования реагентов гальванического производства. Последние затрагивают обширные области промышленности, при этом нанося вред окружающей среде. Как следствие, необходимо рассмотреть инновации, которые позволят минимизировать это вредоносное воздействие. Приведены данные эксперимента по применению системы SCADA в рамках автоматизации дозировки и оптимизации системы управления процессов очистки, фильтрации и подбора реагентов. Цель работы представить результаты проведённого исследования. Результаты могут оказаться полезными как для перерабатывающих предприятий, так и для последующих исследований.

Ключевые слова: автоматизация, гальваническое производство, оптимизация, системы SCADA, управление процессами

Окружающая среда - проблема глобальная и, как следствие, рассматриваемая самыми различными исследователями. Ключевой вопрос - как защитить экологию планеты от результатов промышленной деятельности человека. И последние десятилетия все инженерные решения в области автоматизации, оптимизации и управления относятся именно к попыткам минимизировать наносимый вред. Несмотря на то, что вопросы автоматизации поднимаются много лет, данная тема не утратила актуальности и значимости.

Но, именно последние несколько лет стали стимулом для активизации отечественных разработок в области управления автоматизированными процессами на производстве. Одной из таких разработок стала система SCADA, которая сегодня активно модернизируется и расширяет спектр применения в различных отраслях промышленного производства.

Кроме того, в области переработки, связанной с процессами дозирования реагентов гальванического производств, прослеживаются тенденции по внедрению новых, отечественных:

- электронных аппаратов управления и контроля;
- датчиков;
- роботизированных механизмов и пр. инноваций

Считается, что новое оборудование не только повысит уровень экологичности, но также позволит оптимизировать процессы дозирования реагентов гальванического производства [1, 2].

При этом, важно указать на то, что и в отечественной, и в зарубежной литературе гальванические шламы относят к наиболее опасным токсичным отходам промышленного производства. Это связано с их химическим составом, в основе которого лежат тяжелые металлы, наносящие урон окружающей среде. Как правило, это пастообразный осадок зеленого цвета, что говорит о том, что преобладающими металлами являются никель и железо [3]. Класс тяжести отходов, как правило, определяется составом осадка (таблица №1).

Но, в тоже время, вне зависимости от состава, отходы крайне сложно нейтрализовать, что заставляет исследователей проводить многочисленные эксперименты по подбору реагентов и разработке ферритного вещества для нейтрализации промышленных осадков и/или для создания композиционного сорбента для очистки водной среды [4, 5].

Таблица №1

Процентное содержание химических элементов, загрязняющих
сточные воды, в ходе промышленного производства

Элемент	Содержание, %		
	максимальное	преобладающее	среднее
Cr	18,4	0,1-10	1,6
Cd	16,8	0,01-1	0,1
Bi	21,3	0,16-0,003	01,1
Sn	9,5	0,1-1	0,4
Cu	38,6	0,1-10	1,3
Zn	15,2	0,1-10	1,2
Pb	19,2	0,1-1	0,2
Ag	0,08	0,00001-0,0001	0,0008
Ni	6,0	0,1-1	0,3

Желтым выделены числа в редакции заказчика, которые, судя по всему, неверны.

Однако, как показывают статистические данные, отраженные в работах отечественных специалистов - оценить уровень загрязнения окружающей среды довольно сложно. Проблема заключается в масштабах самого промышленного производства в стране, так как из 120 тыс. промышленных предприятий в стране, только половина перешла на инновационные формы производства. Это говорит о том, что далеко не все предприятия готовы к работе в области защиты окружающей среды [6]. Основная причина сохранения традиционных форм производства - ограниченное финансирование системы модернизации [7].

Следовательно, можно предположить, что необходим бюджетный, одобренный правительством вариант внедрения инноваций и автоматизации,

особенно в области процессов дозирования реагентов гальванического производств. При этом, новые системы должны минимизировать вред от таких источников загрязнения, как:

- отработанные электролиты;
- промывные сточные воды;
- результаты утилизации отработанных образований и твердых отложений.

Кроме того, важно учитывать интересы предприятий, которые, за счет автоматизации производственного процесса (далее АПП) и автоматических систем управления (далее АСУ), а также робототехники и информатизированных механизмов должны снизить затраты на очистительные работы и таким образом найти новые источники выгоды [8, 9].

При этом, если учитывать, что рассматриваемый вопрос волнует промышленников во всем мире, то отечественным специалистам и промышленникам можно обратиться к зарубежному опыту. Так, в литературе описаны результаты АПП в области процессов дозирования реагентов гальванического производств за счет системы машинного обучения. Такие системы позволяют:

- определить качество очистительных процессов;
- выявить и отрегулировать оптимальную скорость перелива сточных вод;
- регулировать объем и дозировку реагентов, скорость их добавления;
- указывать глубину очистки шлака и т.д.

Все эти процессы дают возможность не только сохранять экологию, но также повышают объемы отходов, пригодные для повторного использования гальванических материалов [10, 11].

В отечественной практике также можно рассмотреть успешные примеры использования электронных систем, нацеленных на работу в области переработки, дозирования, очистки и отбора отработанного материала. Одной из таких систем является SCADA-система, которая применяется в химической, нефтеперерабатывающих и других промышленных отраслях.

Ключевыми возможностями этой системы является скорость обработки информации, возможность хранения и передачи большого объёма данных, организация работы в соответствии с введённым алгоритмом и создания системы выполнения многоуровневых задач. Кроме того, SCADA-система разработана таким образом, что все действия персонала записываются, анализируются и прогнозируются. Такой подход позволяет избежать аварийных ситуаций или минимизировать их. Работа системы основана на грамотном подходе оператора к поставленным задачам и сводится к необходимости внести необходимые данные для реализации вычислений в рамках заданного алгоритма [12].

Отечественная разработка OpenSCADA-система совершенствуется на протяжении последних 10 лет и если первоначально она была близка к системе сбора и анализа данных, то постепенно произошёл переход к работе через оператора, который и реализует систему управления теми или иными процессами на производстве. Это стало возможно благодаря широкому распространению данной системы в мире (до 2022 года ее применяло более 50 стран). Но сегодня SCADA-система дает возможность удаленного доступа в отдел переработки отходов и сектор работы с реагентами (рис.1)



Рис.1 - Возможности удаленного доступа к управлению процессом
дозировки и переработки

В области работы с АСУ процессов дозирования реагентов гальванического производства SCADA-система позволит за счет датчиков отслеживать процессы распада, данные о которых подаются на микроконтроллер, который сопряжен с персональным компьютером.

Так как работы с разными материалами могут приводить к возникновению шлама разного уровня сложности, то необходимы соответствующие датчики, которые будут отслеживать процессы полураспада и очистки. Датчики не только контролируют, но и собирают, и передают соответствующую информацию оператору. Последний устанавливает нормы дозирования реагентов, критерии отслеживания химических процессов и границы вероятных температур. Если температура превышает заданные пределы, или другой показатель выходит из указанных оператором границ, то датчики в онлайн режиме фиксируют и передают данные, далее микроконтроллер посылает сигнал на драйвер реле, который, в свою очередь, активирует отстающие процессы или наоборот тормозит их. Важно и то, что SCADA-система способна генерировать сигнал тревоги в случае отказа какого-то элемента в алгоритме ее работы (рис.2).



Рис. 2. - Алгоритм работы SCADA-систем в процессе дозирования реагентов гальванического производства

Из представленного алгоритма на рис. 2 видно, что процесс зависит от слаженности работы оператора и грамотной расстановки датчиков. Причем последние могут быть разными:

- выполняющими рентгеноспектральный анализ, позволяющий получить детализированную информацию;
- реализующих термогравиметрический анализ, отражающий процессы распада (рис. 3)

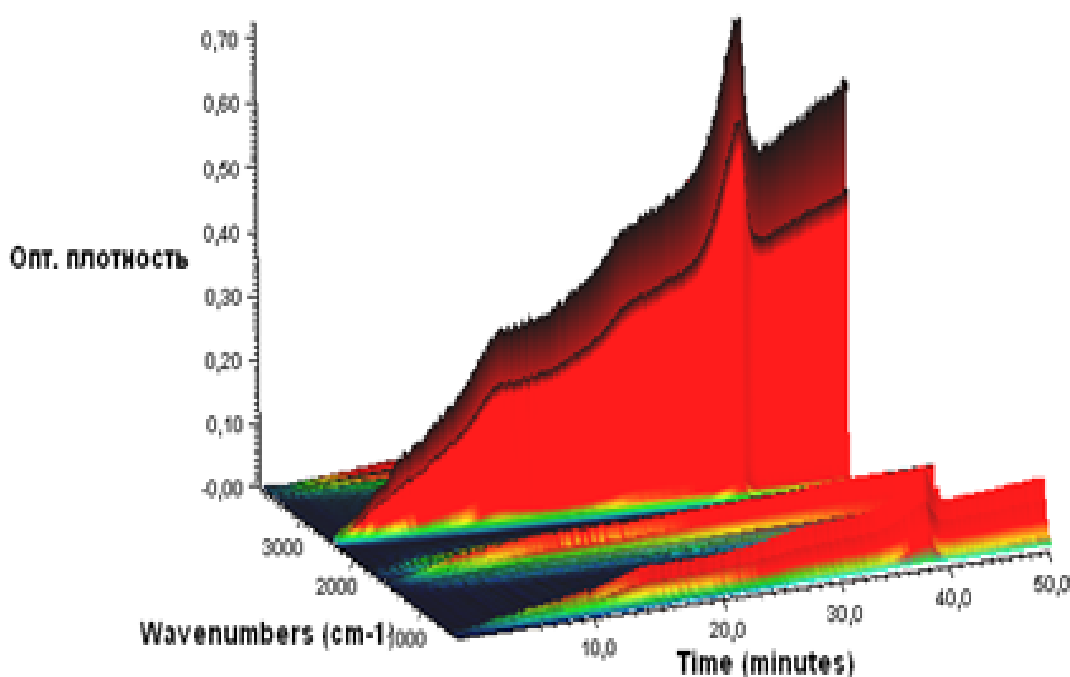


Рис. 3. - 3D-ИК спектр отходящих газов при пиролизе осадка
(оптическая плотность -волновое число-время)

Но такие методы имеют ряд ограничений, так как не позволяют идентифицировать природу газов, отходящих при пиролизе осадка.

В тоже время, оптимизация системы очистки, при работе с реагентами предполагает, что в алгоритм работы будут внесены следующие данные:

- оптимальные режимы обработки, которые были выявлены путем изучения осадочных пород и их классификации по уровню опасности;
- доза реагента (которая может быть изменена, в зависимости от класса опасности);

- формула (1) для расчета растворимости, осаждения и кристаллизации веществ:



когда x определяется степенью загрязнения воды и классом опасности ОТХОДОВ;

- расчет очистки вод будет производиться по формуле (2):



где x - элемент, который необходимо извлечь;

- далее вводятся поля корреляции и возможные регрессивные линии, также указываются зависимые элементы и вероятные отклонения от нормы.

Расчет полиномиальной модели был выполнен с использованием метода наименьших квадратов. Алгоритм разработан на Python 3.5 и соответствует условиям лицензии GNU General Public License. Для представления результатов используется LaTeX (рис. 4).

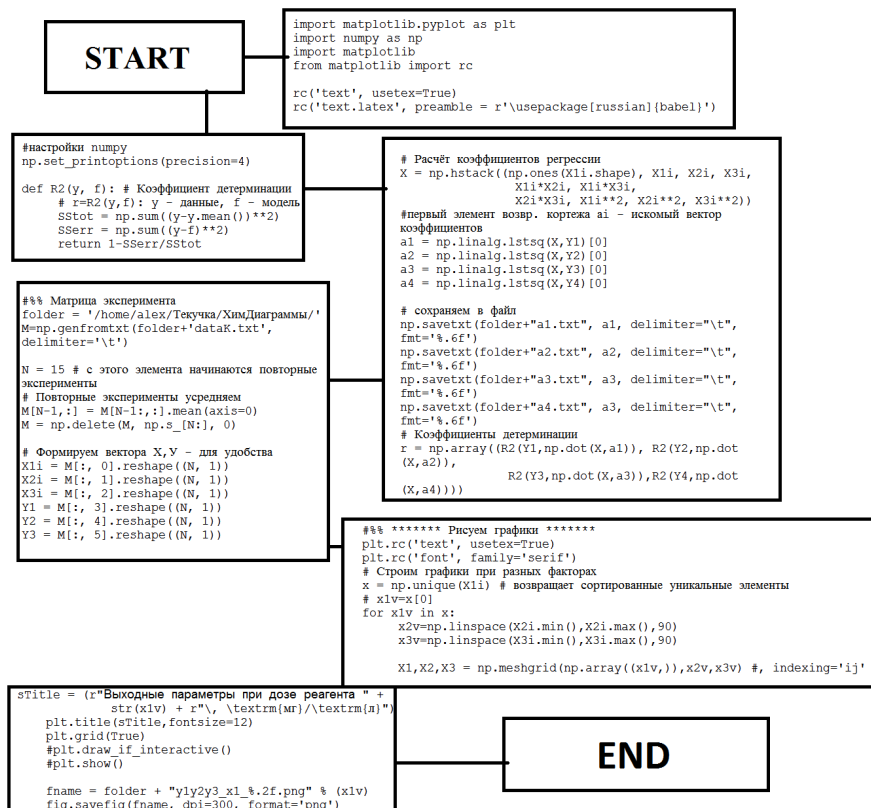


Рис.4. - Расчет полиномиальной модели

Указанная модель может включать дополнительные данные, в зависимости от этапов экспериментов, класса опасности отходов и других показателей. При этом, основной задачей автоматизации процесса дозирования реагентов остается минимизация наносимого окружающей среде вреда, что возможно осуществить без серьезных экономических затрат. Однако, последнее требует дополнительных экономических расчетов, что указывает на возможность дальнейшего изучения вопроса.

Заключение

В представленной работе был проведен анализ возможностей автоматизации дозирования реагентов гальванического производства при помощи современной модернизированной системы SCADA, которая известна во всем мире, а ее отечественный вариант уже много лет применяется в самых различных промышленных отраслях.

Анализ показал, что SCADA-система способна обеспечить безопасное - удаленное - обеспечение работы по добавлению реагентов в процесс работы с гальваническими отходами. Кроме того, автоматизация позволяет не только контролировать сам процесс, но также выявлять возможности повторной обработки материалов и снижать загрязнения окружающей среды, что является ключевым требованием для современных предприятий.

Литература

1. Белова Л.В., Вялкова Е.И., Глущенко Е.С., Осипова Е.Ю. Технология очистки производственных сточных вод гальванического цеха // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 143-154.
2. Бебихов Ю.В., Семёнова М.Н., Голиков В.В., Павлова С.Н. Проектирование и разработка инновационной автоматической системы

биологической очистки сточных вод // Инновации и инвестиции. 2021. №7. С.136-143. DOI: 10.24412/2307-180X-2021-7-136-142

3. Журавлев А.С., Миллер В.А., Климов А.С. Способ определения состава осадка от отходов гальванического производства // Инженерный вестник Дона. 2024. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9007

4. Лемешев Д. О., Протасов А. С., Колесников В. А. Перспективы повторного использования и безопасной утилизации металлосодержащих отходов(обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 20-35

5. Ярынкина Е. А., Бузаева М. В., Гусарова В. С., Климов Е. С. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств с применением комплексонов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Химия. 2019. №2. С.28-39. DOI: 10.14529/chem190203

6. Финоченко В. А. К вопросу снижения энергозатрат в экозащитных установках путем использования струйных аппаратов // Инженерный вестник Дона. 2021. № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7158

7. Мухамедов К. Г., Насирова Н.К., Мухамедов Ж. К., Абдурахманов О. Х. Очистка сточных вод гальванических производств реагентным методом // Universum: технические науки. 2023. №7 (112). С.51-57.

8. Bebikhov Y.V., Podkamenniy Y.A., Golikov V.V., Spiridonov V.M. On the Issue of Complex Automation of Mining Operations in the Diamond Mining Industry // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon 2020). Vladivostok, Russia. 2020. №. 927. pp.16-23.

9. Chen S., Chen Z., Dougherty M., Zuo X., He J. The role of clogging in intermittent sand filter (ISF) performance in treating rural wastewater retention pond effluent // Journal of Cleaner Production. 2021. V. 294. № 126. pp.309-315.

10. de Mello Santos V.H., Campos T.L.R., Espuny M. et al. Towards a green industry through cleaner production development // Environmental Science and Pollution Research (ESPR). 2022. V. 29. pp. 349-370. doi.org/10.1007/s11356-021-16615-2

11. Semenov A.S. Practice of effective using variable-frequency drives in the mining industry process units // International conference on industrial engineering, applications and manufacturing (ICIEAM 2021). Sochi, Russia. 2021. №. 9446364. pp. 270-274.

12. Chamorro-Atalaya O., Arce-Santillan D., Morales-Romero G. and et. SCADA and Distributed Control System of a Chemical Products Dispatch Process// International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). 2021. №12. pp.710-717. URL: dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121288

References

1. Belova L.V., Vyalkova E.I., Glushchenko E.S., Osipova E.Yu. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2021. V. 23. N. 3. pp. 143-154.

2. Bebikhov Yu.V., Semenova M.N., Golikov V.V., Pavlova S.N. Innovatsii i investitsii. 2021. N. 7. pp.136-143. DOI: 10.24412/2307-180X-2021-7-136-142

3. Zhuravlev A.S., Miller V.A., Klimov A.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. N.2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9007

4. Lemeshev D. O., Protasov A. S., Kolesnikov V. A. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2021. N. 4. pp. 20-35.

5. Yarynkina E. A., Buzaeva M. V., Gusarova V. S., Klimov E. S. Vestnik YuUrGU. Seriya: Khimiya. 2019. N. 2. pp.28-39. DOI: 10.14529/chem190203

6. Finochenko V. A. Inzhenernyy vestnik Dona. 2021. N. eight(80). pp. 448-455.

7. Mukhamedov K. G., Nasirova N.K., Mukhamedov Zh. K., Abdurakhmanov O. Kh. Universum: tekhnicheskie nauki. 2023. N. 7 (112). pp.51-57.
8. Bebikhov Y.V., Podkamenniy Y.A., Golikov V.V., Spiridonov V.M. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon 2020). Vladivostok, Russia. 2020. №. 927. pp.16-23.
9. Chen S., Chen Z., Dougherty M., Zuo X., He J. Journal of Cleaner Production. 2021. V. 294. № 126. pp. 309-315.
10. de Mello Santos V.H., Campos T.L.R., Espuny M. et al. Environmental Science and Pollution Research (ESPR). 2022. V. 29. P. 349-370. doi.org/10.1007/s11356-021-16615-2
11. Semenov A.S. International conference on industrial engineering, applications and manufacturing (ICIEAM 2021). Sochi, Russia. 2021. №. 9446364. P. 270-274
12. Chamorro-Atalaya O., Arce-Santillan D., Morales-Romero G. and et. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). 2021. №12. P.710-717 URL: dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121288

Дата поступления: 10.04.25

Дата публикации: 25.05.25