

УДК 621.3.011.712

Н.М. Олиферович, Д.А. Гринюк, Я.П. Станкевич, И.О. Оробей

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВОДОПОДГОТОВКИ

***Аннотация.** Проводится анализ современных информационных технологий в системах водоподготовки. Указываются особенности использования современных технологий обработки информации, которые широко применяются в данных процессах.*

N. Aliferovich, D. Hryniuk, Ya. Stankevich, I. Arabey

Belarusian State Technological University

Minsk, Belarus

DESIGN OF WATER TREATMENT CONTROL SYSTEMS

***Abstract.** An analysis of modern information technologies in water treatment systems is carried out. The features of the use of modern information processing technologies, which are widely used in these processes, are indicated.*

Объекты автоматизации технологических процессов не являются универсальными с точки зрения применения последних достижений в развитии теории управления, технических средств, программирования. Хотя на всем пути использования систем регулирования шла постоянная работа в области типовых универсальных средств измерения, управляющих и исполняющих систем. Однако особенности функционирования некоторых отраслей и предприятий не позволяют решить этот вопрос окончательно. Так традиционно химическая отрасль характеризуется высокими требованиями по надежности и взрывобезопасности, что зачастую предполагает применение особых управляющих систем, датчиков и систем для функционирования, систем противоаварийной защиты. Пищевая и фармацевтическая отрасли характеризуются особыми требованиями к гигиене, что влияет также на построение систем автоматизации.

Процессы водоподготовки также имеют свои специфические особенности, которые сильно влияют на автоматизацию данных техпроцессов. В первую очередь следует отметить стохастические свойства обрабатываемых сред. При этом эти свойства могут

изменяться в широком диапазоне, что приводит к тому, что часто меняется технология обработки.

Другим важным аспектом является применяемые нетипичных систем измерения состояния среды и технологических аппаратов. Данное направление характеризуется использованием измерительных приборов для параметров, которые применяются исключительно в процессах водоподготовки. Но самая достоверная информация по принятию решений для управления технологическими процессами и аппаратами часто исходит из ручного или полуавтоматического лабораторного анализа, периодичность которого очень низкая.

Вышеуказанные проблемы привели к тому, что аппараты и установки водоподготовки часто характеризуются большой инерционностью, что затрудняет эффективное применение автоматизации. Т.е. фактически автоматизация играет, в большей степени, вспомогательную роль. Консервативность подходов к процессам водоподготовки мешает применению тех решений по автоматизации, которые уже давно используются в других отраслях промышленности. Но применение современных технологий автоматизации может быть полезным для повышения эффективности функционирования многих процессов водоподготовки. Рассмотрим основные направления внедрения автоматизации.

Технология искусственного интеллекта уже стала рабочим инструментом по поиску оптимальных решений для многих задач. Комплексный анализ измерительной информации в процессах водоподготовки начался давно, ввиду особенностей технологии. На передовых станциях водоочистки давно производится постоянный поиск связи качества очистки с текущими измерениями расхода, pH, редокс-потенциала, температуры, мутности, проводимости и т. д. Интеллектуальная оптимизация результатов измерений для очистных сооружений питьевой и сточной воды может позволить усовершенствовать работу операторов очистных сооружений при принятии решений в режиме реального времени, а, возможно, где-то и перевести в автоматический режим. Операторы могут получать данные, которые помогут им точно настроить работу станции для удовлетворения критериев качества воды с меньшими затратами. Это дает предприятиям водоснабжения возможность повысить уровень удовлетворенности потребителей, обеспечить необходимые экономические требования и уменьшить вероятность экологических сбоев.

Одновременно актуальной проблемой является достаточное информативное обеспечение системы управления, а также

достоверность этих данных. В целом, системы очистки характеризуются большим набором, часто специфических, данных. Некоторые методы ИИ [1, 2], искусственных нейронных сетей [3], генетические алгоритмы, могут позволить обнаружить зависимости, которые скрывались в больших объемах информации.

Важным аспектом является оптимизация водоочистных сооружений. Часто контроль доступного количества физических, химических и биологических параметров недостаточен для точного принятия решений. Очень полезным может быть проектирование многостадийной обработки воды с целью получения промежуточных параметров для более точного последующего прогнозирования.

Злободневным направлением проектирования очистных сооружений повышение их энергоэффективности. Математические модели в области очистки сточных вод, а также текущий анализ существующих систем, может существенно помочь инженерам в работе над оптимизацией очистных сооружений. Традиционная очистка сточных вод создает огромное количество первичного и вторичного осадка, которые вместе называются осадком сточных вод. Не вызывает сомнения, что состояния этих осадков, во многом, определяется обработкой на предыдущих стадиях.

Применение цифровых технологий при проектировании стало неотъемлемой стороной при проведении проектирования и сопровождения технологических процессов. Водоподготовка не является исключением. Использование Building Information Model (BIM) только на этапе проектирования не раскрывает весь потенциал преимуществ этой технологии. BIM показывает свой потенциал на этапе строительства, как в области раннего планирования строительно-монтажных работ, составления графика и увязки их с графиками поставок оборудования, так и в плане материально-технических ресурсов, необходимых для нормального, ритмичного строительства.

Цифровизация, связь с единой моделью здания или сооружения, контроль и мониторинг строительных процессов и расходов материально-технического обеспечения – важнейшая задача обеспечения быстрого, экономичного и малозатратного строительства любых объектов, в том числе объектов промышленного производства. BIM на текущем этапе развития уже используется на всех этапах существования зданий, предприятий, технологий. Когда-то существовавшая имитационная модель предприятия может быть использована не только для планирования и оптимизации, но и для решения дальнейших вопросов, касающихся жизненного цикла

предприятия. Модель можно использовать, например, для планирования концепций расширения этапов, для виртуального ввода в эксплуатацию систем автоматизации, для непрерывной оптимизации производительности и затрат на уборку, в качестве обучающего моделирования или в качестве компонента системы управления на основе модели.

Несмотря на ограничения биологических процессов на очистных сооружениях, существует интересный потенциал для их улучшения с помощью современных систем управления. Этот потенциал может быть использован для улучшения качества очистки сточных вод и повышения энергоэффективности [3].

Однако оптимальное использование этого потенциала является сложной междисциплинарной инженерной задачей. Если проследить за судьбой химически окисляемых веществ на очистных сооружениях (ОСВ), то можно увидеть, что значительная их часть окисляется (кислородом или нитратами). По этой причине, доступны следующие возможности как для оптимизации процесса, так и для планирования концепций автоматизации для минимизации энергопотребления:

- минимизация потребности в энергии для обеспечения необходимого кислорода;
- максимизация эффективности производства сжатого воздуха;
- минимизация избытка кислорода.

Как отмечалось ранее, для обеспечения эффективного управления, требуется учесть динамические аспекты аппаратов водоподготовки. Мощным инструментом для решения таких задач является использование моделирования.

Динамика процессов водоподготовки весьма специфична. Для адекватности требуется учитывать нелинейные свойства этих процессов. В данном направлении можно встретить ряд готовых моделей. Так для описания процессов биологического разложения доступны надежные модели активного ила, проверенные в течение многих лет. Т.е. следует развивать базы данных моделей объектов управления и результаты их эксплуатации.

Развитие измерительных систем для автоматизации водоподготовки не столь стремительно, как это было в прошлом веке [4]. Используются все те же измерительные приборы, которые призваны оптимизировать реагентную обработку. Развитие технологии приборостроения позволило получить более удобные интерфейсы работы с измерительными приборами. Так для оптимальной обработки осадков рекомендуются анализировать время фильтрации (TTF), удельное сопротивление фильтрации (SRF), время

капиллярного всасывания (CST) [5], скорость сдвига и напряжение, вязкость, и электрокинетические свойства. Некоторые исследователи идут дальше, и создают программные сенсоры для управления дозировкой.

При построении систем управления можно встретить два подхода. С одной стороны, используется анализ физических принципов работы и выбор в качестве основы вышеупомянутых физических параметров CST, SCD, проводимость, размер частиц и т.д.

Можно встретить и системы по возмущению, что весьма логично в условиях большой инерционности ОСВ. Иногда их дополняют системами с обратной связью, например по электрокинетическим характеристикам или проводимости. Существуют варианты по применению управления по эталонной модели. Структура адаптивного управления может выглядеть как на рис. 1.

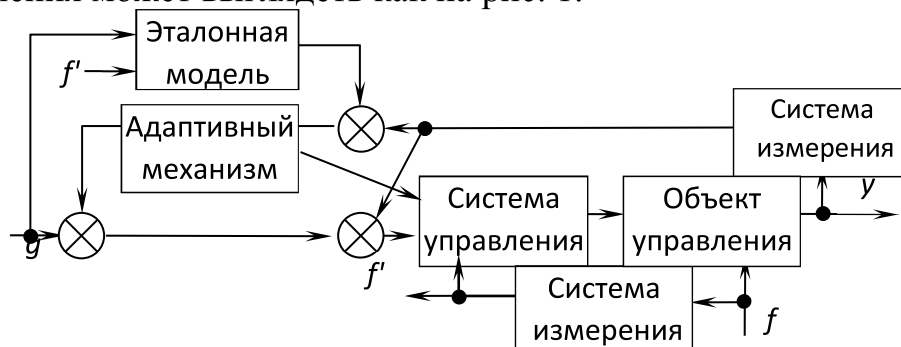


Рис. 1. Система управления с эталонной моделью:

g – вектор управления; y – вектор выходных параметров; f и f' – вектор возмущения и результат их измерения

Анализ публикаций показывает, что существует большое количество решений подходов по использованию информационных потоков и построению систем управления в процессах водоподготовки. В последнее время наибольшее внимание уделяется использованию технологий нейронных сетей, нечетким множествам и гибридным алгоритмам.

Список использованных источников

1. Chau, K.W. A review on integration of artificial intelligence into water quality modeling // Marine Pollution Bulletin. 2006. Vol. 52. P. 726–733.
2. Koroteev D., Tekic Z. Artificial intelligence in oil and gas upstream: Trends, challenges, and scenarios for the future // Energy AI, 2021. Vol. 3. P. 100041. DOI: 10.1016/j.egyai.2020.100041.

3. Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy / Panepinto D. [et al.]// Applied Energy. 2016. Vol. 161. P. 404–411.

4. A performance indicators system for urban wastewater treatment plants / S. Quadros [et al.]// Water Science and Technology. 2010, Vol. 62. P. 2398–2407. DOI: 10.2166/wst.2010.526.

5. Oliferovich N., Hryniuk D. Orobei I. Measuring the speed of capillary soaking with adaptation regarding coordinates // 2015 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream). Vilnius, Lithuania. 2015, P. 1-4.

УДК 620.197.2

М.А. Осипенко, Е.О. Богдан, А.Р. Цыганов, И.И. Курило

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ИНГИБИРОВАНИЕ МОЛИБДАТОМ НАТРИЯ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ МАГНИЕВОГО СПЛАВА AZ31 В 0,05 М NaCl

Аннотация. Методом динамической импедансной спектроскопии установлено влияние концентрации молибдата натрия на ингибирование процессов коррозии магниевых сплавов AZ31 в 0,05 М растворе хлорида натрия. Показано, что увеличение содержания в коррозионной среде Na_2MoO_4 до 75 мМ приводит к возрастанию сопротивления поверхности и увеличению защитного эффекта ингибитора до $\approx 91\%$. Дальнейший рост концентрации молибдата натрия не влияет на значение сопротивления поверхности и величину защитного эффекта в 0,05 М растворе NaCl.

М.А. Osipenko, E.O. Bogdan, A.R. Tsyganov, I.I. Kurilo

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

INHIBITION OF CORROSION OF AZ31 MAGNESIUM ALLOY IN 0,05 M NaCl BY SODIUM MOLYBDATE

Abstract. The effect of sodium molybdate concentration on corrosion inhibition of AZ31 magnesium alloys in 0,05 M sodium chloride solution was examined using dynamic impedance spectroscopy. An increase in the Na_2MoO_4 concentration in the corrosion medium up to 75 mM leads to an increase in surface resistance and protective effect of the inhibitor of $\approx 91\%$. A further increase in the sodium molybdate concentration does not affect the surface resistance and the value of the protective effect in the 0,05 M NaCl