



УДК 64-52

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОЗИРОВАНИЯ ХЛОРА НА СТАНЦИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ

А.И. Юхно, a.bachmackaja@gmail.com, Н.К. Плуготаренко, plugotarenkonk@sfedu.ru,
Южный Федеральный университет, г. Ростов на Дону

Хлорирование является наиболее проверенным и дешевым методом обеззараживания воды. Следует заметить, что содержание веществ, являющихся реагентами в реакциях образования вредных, канцерогенных веществ, как правило, не превышает ПДК в водопроводной воде, а вот содержание продуктов этих реакций, напротив, зачастую превосходит их ПДК. Это обосновывает важность контроля образования хлорпроизводных токсичных соединений. В данной статье рассматривается разработка алгоритма автоматизированного дозирования хлора в системах коммунального водоснабжения, в котором будут учтены выявленные в ходе проекта закономерности в динамике параметров обеззараживания, а также пороговые значения концентраций с позиции оценки канцерогенного риска. Разработанный алгоритм управления позволит реализовать необходимую точность дозирования, минимизировать запаздывание регулирования параметров хлорирования, а также снизить образование хлорпроизводных органических загрязнителей и связанного с ними риска для здоровья населения.

Ключевые слова: хлорирование, алгоритм дозирования, риск, хлорорганические соединения

THE DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM CONTROL SYSTEM FOR AUTOMATED DISPENSING OF CHLORINE FOR WATER TREATMENT PLANTS

A. I., Yuhno, N. K. Plugotarenko

Southern Federal University (SFEDU), Rostov-on-don

Chlorination is the most proven and cheapest method of water disinfection. It should be noted that the content of substances that are reagents in the reactions of the formation of harmful, carcinogenic substances, as a rule, does not exceed the MPC in tap water, but the content of the products of these reactions, on the contrary, often exceeds their MPC. This proves the importance of controlling the formation of chlorinated toxic compounds. This article discusses the development of an algorithm for automated dosing of chlorine in public water supply systems, which will take into account the identified during the project patterns in the dynamics of disinfection parameters, as well as threshold values of concentrations from the perspective of carcinogenic risk assessment. The developed control algorithm will allow to realize the necessary accuracy of dosing, minimize the delay in the regulation of chlorination parameters, as well as reduce the formation of chlorinated organic pollutants and the associated risk to public health.

Keywords: chlorination, dosing algorithm, risk, organochlorine compounds

При нынешнем уровне антропогенного воздействия всё больший интерес привлекают исследования отрицательного воздействия на здоровье населения факторов окружающей среды, а в частности хлорорганических соединений (ХОС) [1-4]. Образование ХОС происходит в процессе обеззараживания питьевой воды путем трансформации органических соединений при реакции с высокоактивным хлором. В связи с этим, содержание в воде опасных для населения соединений обуславливает необходимость разработки более эффективных и безопасных, с точки зрения водопотребления, технологических решений водоподготовке и современных методов оценки химической безвредности питьевой воды.

Определение концентрации хлорорганических соединений в воде, как правило, проводится хроматографическими методами [5]. Применение данного метода определения хлорорганики в питьевых водах нельзя назвать экспресс-анали-



зом, поэтому для сокращения времени запаздывания и уменьшения вредного воздействия галогенорганических веществ актуально применять методы моделирования, позволяющие делать прогноз в режиме реального времени по параметрам, характеризующим качество воды.

В ходе работы разработан алгоритм для автоматизированного дозатора хлора на основе интеллектуальных методов обработки данных и реализующий систему нечеткого вывода. На рисунке 1 приведена схема описывающая процесс работы алгоритма.



Рис. 1. Схема описывающая процесс работы алгоритма

Создание алгоритма осуществлялось с использованием программной среды *MatLab*, а конкретно пакета для работы с нейронными сетями *Neural Networks Toolbox* и пакетом нечеткого моделирования *Fuzzy Logic Toolbox*.

Основой данного алгоритма послужила разработанная в ходе исследования нейросетевая модель, прогнозирующая концентрации хлороформа, образующегося в ходе обеззараживания питьевой воды, в зависимости от температуры, водородного показателя, перманганатной окисляемости, хлорпоглощаемости и остаточного хлора. Данные показатели качества воды служат входными параметрами сети и считаются с датчиков, показанных на схеме процесса водоподготовки с автоматизированным дозированием хлора (рис.2.).

Среднеквадратичная ошибка модели составляет 0,77. Построенная нейросетевая модель даёт возможность для создания системы контроля за хлорорганическими соединениями, тем самым обеспечивая условия более безопасного водопотребления.

Алгоритм реализовывает методику решения задач, состоящую в представлении знаний об объекте управления в виде правил и в обработке этой информации при помощи методов теории нечетких множеств.

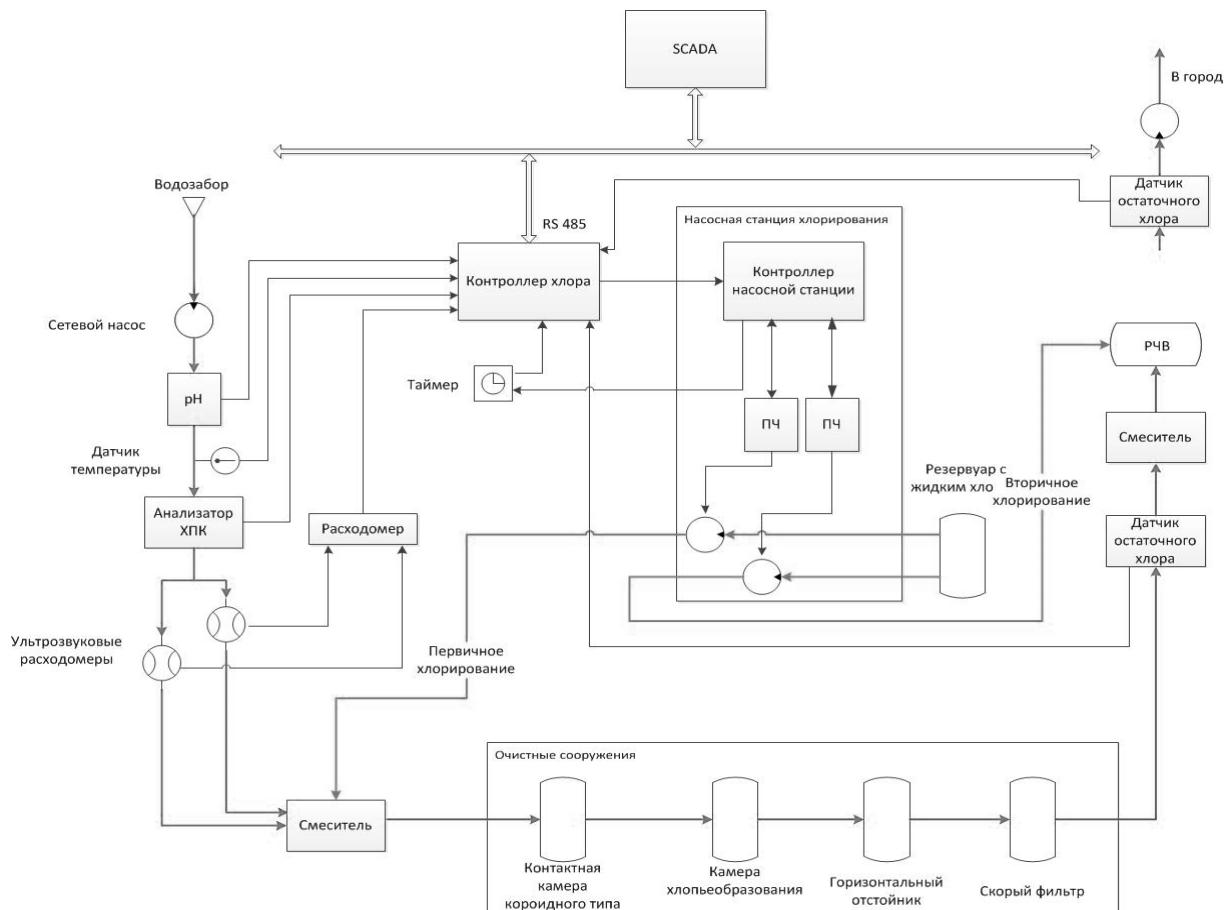


Рис. 2. Схема процесса водоподготовки с автоматизированным дозированием хлора

Для реализации нечеткого вывода в алгоритме используется алгоритм Мамдани, который позволит получать значения дозы хлора при разных входных параметрах системы. Алгоритм, включающий систему нечеткой логики работает по следующему принципу: сигналы от датчиков и результаты нейросетевого моделирования будут фазифицированы, обработаны, дефазифицированы и полученные данные в виде сигналов поступят управляющий блок дозатора хлора, который будет менять дозировку хлорагента в соответствии со значением функции принадлежности.

Анализ статистических закономерностей показал, что для оперативного отклика системы на изменение свойств воды необходимо учитывать в качестве лингвистических переменных такие параметры как концентрация остаточного хлора, концентрация хлороформа и скорость изменения концентрации остаточного хлора, позволяющая учесть динамику данного показателя и степень отклонения от оптимального значения.

В ходе исследования реализована оценка канцерогенного риска образования в воде хлорпроизводных соединений по прогнозируемым концентрациям. Кроме того, выполнен расчет и установлены концентрации хлороформа для пороговых значений риска, которые учитываются в процессе моделирования, позволяя оценить входной параметр концентрацию хлороформа с позиции риска для здоровья населения.



В ходе работы над алгоритмом проведены вычисления статистических характеристик скользящих рядов наблюдений и построение статистических моделей прогноза их изменений на доступный для объективной оценки интервал времени в будущем.

Преимуществом предлагаемого устройства хлорирования является простота и относительно небольшая цена его внедрения в существующие автоматизированные системы управления, действующие на многих станциях водоочистки. Кроме того, уникальность и инновация данного устройства заключается в алгоритме, построенном на системе нечеткой логики. Алгоритм позволяет обрабатывать несколько входных параметров контроля качества воды и регулировать дозировку хлора с позиции оценки канцерогенного риска образования хлороганических соединений, являющихся продуктами взаимодействия хлорагента с природной водой. Тем самым предлагаемый подход позволит усовершенствовать существующую систему хлорирования, сократить время запаздывания, избежать перехлорирования и создать более безопасную систему водоподготовки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00489.

Список цитируемой литературы

1. Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А., Егорова Н.А. [и др.] Гигиенические основы формирования перечней показателей для оценки и контроля безопасности питьевой воды // Гигиена и санитария. - 2010. - № 4. - С. 8-13.
2. Марченко Б.И., Журавлев П.В., Плуготаренко Н.К., Юхно А.И. Оценка канцерогенного риска от воздействия хлороганических соединений питьевой воды // Материалы международного форума научного совета РФ по экологии человека и гигиене окружающей среды «Современные проблемы оценки, прогнозы и управление экологическими рисками здорового населения и окружающей среды, пути их рационального решения». - 2018., - С. 238-242.
3. Бахмацкая А. И., Плуготаренко Н. К. Анализ экологической безопасности процессов хлорирования воды//Экология промышленного производства. 2016. № 2 (94). С. 52-56.
4. Саурина О.С., Нечаев В.С. Канцерогенные риски территориального питьевого водоснабжения // Бюллетень национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко.- 2014. - № S1. - С. 178-180.
5. Кириченко В. Е., Первова М. Г., Пашкевич К. И. Галогенорганические соединения в питьевой воде и методы их определения // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, т. XLVI, № 4, - С. 18-27