

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтов, И. В. Совершенствование очистных сооружений канализации в контексте экономики замкнутого цикла / И. В. Войтов, В. Н. Марцунь // Природопользование и экологические риски : материалы науч.-практ. конф., Минск, 5 июня 2019 г. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 304-310.
2. Штепа, В.Н. Структура и функционал интеллектуальной системы поддержки принятий решений в водоотведении / В.Н. Штепа // Информатика и кибернетика: научный журнал. – 2022. – №3 (29). – С. 51–57.
3. Штепа, В.Н. Обоснование и схемы использования ранжирующих измерительных систем экологического мониторинга и интеллектуального анализа режимов водоотведения / В.Н. Штепа, Н.Ю. Золотых, С.Ю. Киреев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки: научный журнал. – 2023. – № 1. – С. 94–103.

УДК 628.258

Морозов Н.А.
(РТУ МИРЭА)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ В ВОДООЧИСТКЕ

Большинство российских станций водоочистки, использующие «традиционные» технологии обработки воды и построенные в прошлом столетии, не могут обеспечивать качественную очистку, т.к. не рассчитаны на сегодняшние объёмы потребления воды и на повышенные требования к её качеству, которые к ней предъявляются в настоящее время. Для решения данной проблемы необходимо применять современные и эффективные методы обработки воды, одним из которых является метод озонирования [1].

Метод озонирования – это технология обработки воды озоном, которая позволяет достигать санитарно-эпидемиологических требований, предъявляемых к сточным водам, прошедших очистку. Дозой озона является весовое количество озона в одном м³ воды.

Необходимая для качественного обеззараживания воды доза озона является нормативным и одним из основных параметров процесса озонирования, именно поэтому его регулирование мы считаем основной задачей системы управления.

Большинство европейских станций водоочистки работают на озоне, который синтезируют из кислорода, в России же синтез осуществляется из кислорода воздуха. Расход воздуха – это тот параметр, который существенно влияет на количество получаемого озона, которое на следующем этапе необходимо подавать в контактный бассейн для снижения ХПК до требований, определяемыми САНПином. Поэтому, при построении алгоритма управления, объём контактного бассейна считаем величиной переменной.

Озонаторный комплекс состоит из блока подготовки сухого воздуха, который подаётся в генератор озона в промежутки между электродами, находящиеся под высоким напряжением. Важно при этом грамотно подобрать диэлектрическую проницаемость разрядного промежутка и напряжение. Эту задачу успешно решили ООО «Московские озонаторы» [2].

При описанных условиях в генераторе озона под действием электрического разряда происходит расщепление молекулы кислорода, с образованием радикала O^{\cdot} , который атакует молекулу кислорода с образованием озона.

К основным недостаткам относятся: низкое содержание озона в смеси и большая стоимость оборудования с большей производительностью. Что бы оптимизировать эти показатели было решено применить нечёткое управление блоком подачи воздуха.

Вследствие того, что расход обрабатываемой воды непрерывно меняется в течение всего дня, производительность оборудования по производству озона также будет изменяться, в зависимости от расхода, для поддержания именно того количества озона, которое необходимо в данный момент времени для обработки воды. Из выше сказанного можно сделать вывод о том, что алгоритм управления расходом воздуха должен учитывать все величины, которые непрерывно меняются при обработке воды озоном [3].

Цель работы: модифицировать алгоритм для поддержания заданной дозы озона в контактных бассейнах, построенный на нечёткой логике, а следовательно, более приспособленный к колебаниям расхода и учитывающий накопленные знания экспертов, проработавших на данном модуле не один десяток лет.

Для получения математической модели алгоритма нечёткого управления вводились базовые терм-множества входных и выходных лингвистических переменных.

Всё пространство переменных, необходимых для функционирования нечёткого алгоритма управления для каждого бассейна, было разбито на несколько векторов [3]:

Вектор параметров состояний, $x (P_{j1}, F_j, W_j, T_{j1}, C_j)$, компонентами которого являлись следующие параметры:

- P_{j1} – давление воздуха на входе в j -ый модуль;
- F_j – расход воздуха на входе в j -ый модуль;
- W_j – влажность воздуха на входе в j -ый модуль;
- T_{j1} – температура воздуха на входе в j -ый модуль;
- C_j – концентрация озона на выходе из j -ого модуля [3].

Вектор управляющих воздействий, $u(t_j^i)$, компонентами которого являлись следующие параметры:

- t_j^i – электрическая мощность источника питания: « i -ой» сборки электродов в j -ом модуле озонирования [3].

Вектор выходных (наблюдаемых) переменных, $y(P_{j2}, T_{j2}, T_{j3}, T_{j4})$, компонентами которого являлись следующие параметры:

- P_{j2} – давление воды в контуре охлаждения на входе в j -ый модуль;
- T_{j2} – температура озono-воздушной смеси на выходе из j -ого модуля;
- T_{j3} – температура воды на входе в j -ый модуль;
- T_{j4} – температура воды на выходе из j -ого модуля [3].

Причём вышеуказанные векторы управляющих воздействий и состояний можно сгруппировать следующим образом в систему уравнений [4]:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t) + Gr(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases}$$

Где матрицы $A [5 \times 5]$, $B [5 \times 4]$, $G [5, 4]$, $C [4 \times 5]$, $D [4 \times 4]$, которые определяются на основе параметров математической модели процесса поддержания номинальной концентрации озона в потоке озono-воздушной смеси для каждого модуля [4].

Для синтеза алгоритма нечёткого управления процессом поддержания концентрации озона в тракте озono-воздушной смеси вводились входные лингвистические переменные β_{Xi}^j , характеризующие состояние процесса, и выходные β_{Ui}^j , являющиеся управляющими воздействиями [4].

Входные и выходные лингвистические переменные [4]:

$$\beta_{Xi}^j = \{P_{j1}, F_j, c, T_{j1}, C_j\}$$

$$\beta_{Ui}^j = \{t_j^i\}$$

На рис. 1 представлена созданная для станции водоподготовки АО «Мосводоканал» г. Москвы (проектировщик ООО «Московские озонаторы») мнемосхема управления участком синтеза озона [3].

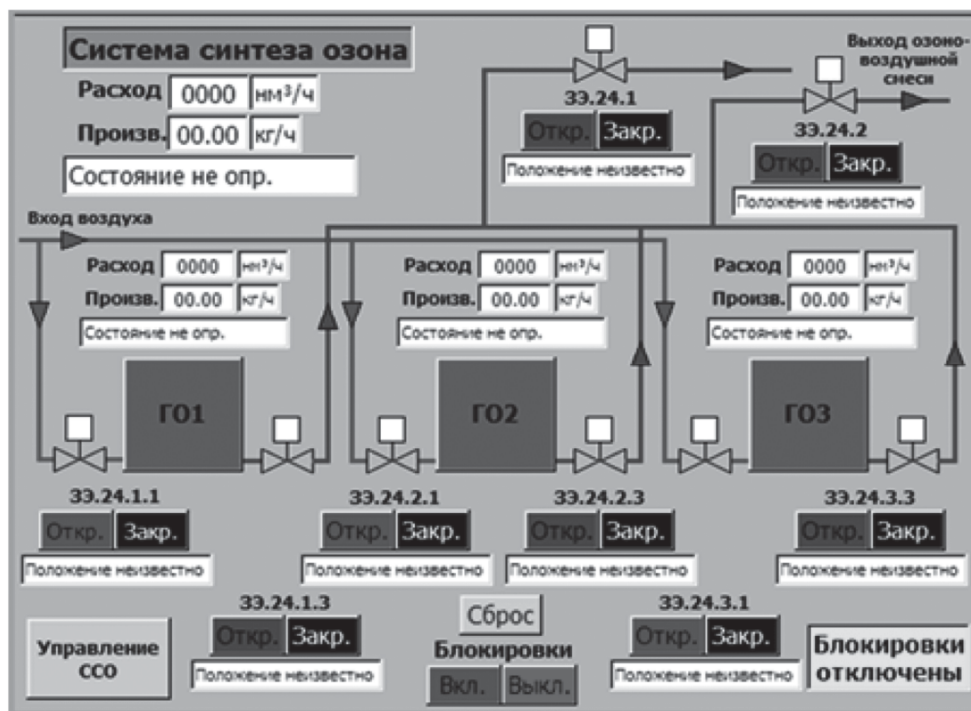


Рисунок 1 – Мнемосхема системы управления МГО [3]

Информация, представленная на мнемосхеме, архивируется в журнал событий.

На рис. 2 представлена выборка из журнала параметрической информации следующих параметров: расхода озono-воздушной смеси через генератор озона и общая электрическая мощность, потребляемая одним озонатором [3].

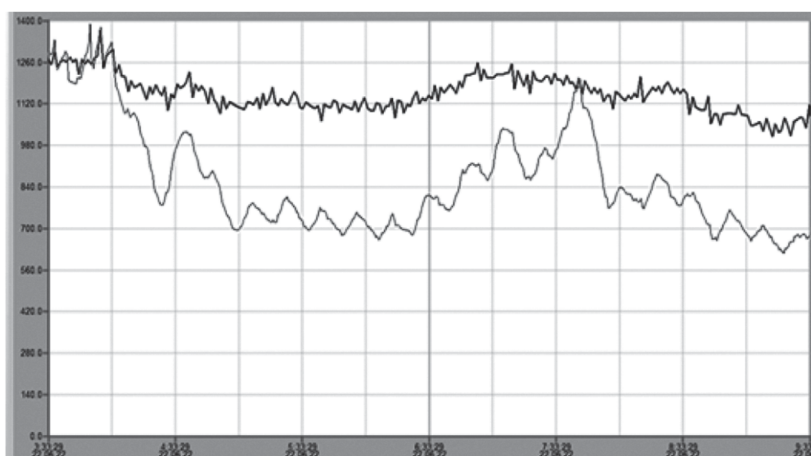


Рисунок 2 – Временные диаграммы параметров модуля генерации озона: расход озono-воздушной смеси через генератор озона, м³/час – полужирная линия; мощность отдельной сборки электродов, проценты – тонкая линия (вся шкала – 100 %) [3]

Для поддержания концентрации озона на заданном уровне, применялась АСУ системы синтеза озона, работающая на алгоритме нечёткой логики, которая меняла мощность, подаваемую на генератор озона [3].

При этом на рис. 3 можно видеть то, что концентрация озона поддерживалась на заданном уровне с весьма небольшими отклонениями и высокой точностью [3].

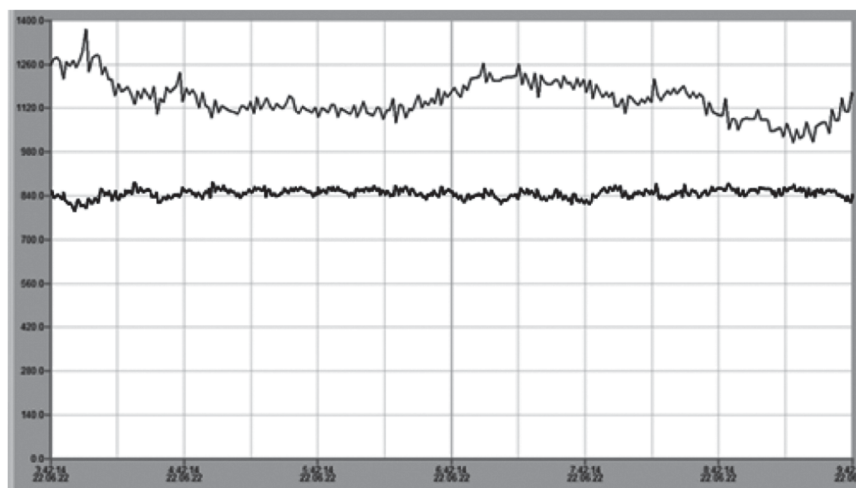


Рисунок 3 – Диаграммы параметров модуля генерации озона: расход озono-воздушной смеси через генератор озона, м³/час – полужирная линия; концентрация озона на выходе из модуля генератора озона – тонкая линия (вся шкала – 20 г/м³) [3]

ЛИТЕРАТУРА

1. Корса-Вавилова Е.В., Науменко Э.В., Шмелев А.Я., Макеев А.Е. Экспериментальные исследования влияния озонирования на процесс водоподготовки, *Chemical Bulletin*, том 6 №1, 2023, с.30-40
2. Патент № 2446093 С1 Российская Федерация, МПК С01В 13/11. устройство для генерирования озона: № 2010136167/05: заявл. 01.09.2010: опубл. 27.03.2012 / Е. В. Корса-Вавилова, Н. И. Пуресев, Е. А. Гордеева [и др.]; заявитель Закрытое акционерное общество "Московские озонаторы".
3. Корса-Вавилова Е.В., Науменко Э.В., Гибалов В.И., Божко В.И. Шмелёв А.Я. Управление дозой озона и его концентрацией в процессе водоподготовки, *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики, серия «Технические науки»*, №7, 2023, с.84-91
4. Корса-Вавилова Е.В., Науменко Э.В., Шмелёв А.Я., Гибалов В.И., Божко В.И., Алгоритм нечёткой логики управления дозой озонирования воды на водопроводных станциях, *Вестник Санкт-Петербургского университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки*, 2022, №1, с. 130–134.