

УДК 004.896

И.А. Тарасова, Т.В. Феньо

Донецкий национальный технический университет, Украина
Украина, 83050, г. Донецк, пр. Богдана Хмельницкого, 84

Нечеткое управление процессом обеззараживания хозяйственно-питьевой воды

I.A. Tarasova, T.V. Phenyu

Donetsk National Technical University, Ukraine
Ukraine, 83050, Donetsk, Bogdana Khmelnytskogo av.

Fuzzy Control of Domestic Water Disinfection Process

I.O. Tarasova, T.V. Fenyu

Донецький національний технічний університет, Україна
Україна, 83050, м. Донецьк, пр. Богдана Хмельницького, 84

Нечітке управління процесом знезараження господарсько-питної води

В статье рассмотрена проблема управления процессом обеззараживания хозяйственно-питьевой воды. Описаны особенности процесса, разработана модель системы нечеткого управления процессом, проведен численный анализ разработанной модели.

Ключевые слова: нечеткое управление, модель системы, процесс обеззараживания воды.

The article considers the problem of managing the process of disinfecting household drinking water. The features of the process, a model of fuzzy process control, numerical analysis developed model.

Key words: fuzzy control, the system model, the water disinfection process.

У статті розглянуто проблему управління процесом знезараження господарсько-питної води. Описано особливості процесу, розроблено модель системи нечіткого управління процесом, проведено чисельний аналіз розробленої моделі.

Ключові слова: нечітке управління, модель системи, процес знезараження води.

Введение

Вода играет важнейшую роль в жизнедеятельности организма, недостаток которой усугубляется ухудшением её качества. Используемые в промышленности, сельском хозяйстве и в быту воды поступают обратно в водоёмы в виде плохо очищенных или вообще неочищенных стоков, что является главной причиной обострения проблемы пресной воды.

Поверхностные воды химические и физические параметры, меняющиеся в широких пределах. Кроме бактерий и вирусов, в них присутствуют возбудители паразитарных заболеваний. Очистка воды из таких источников традиционно включает в себя первичное хлорирование, коагуляцию, отстаивание, фильтрацию и заключительное хлорирование. На практике эффективность обеззараживания, в ряде случаев, пытаются обеспечить за счет увеличения доз хлора, значительно превышающих нормы. Однако и такие меры зачастую не обеспечивают необходимой степени инактивации вирусов, а подача первичного хлора в чрезмерно больших количествах является причиной возникновения хлорсодержащих органических соединений.

В настоящее время в мировой практике наметилась тенденция по полной либо частичной замене хлорирования на УФ-облучение. Наиболее распространенной установкой УФ обеззараживания воды является бактерицидная установка типа ОВ-150 [1]. Обрабатываемая вода поступает параллельно в три камеры установки, тщательно перемешивается и подвергается облучению с помощью УФ ламп, помещенных в защитные кварцевые чехлы. Обеззараженная вода, прошедшая через установку, предназначена для непосредственного потребления в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Постановка задачи. В обязанности обслуживающего персонала бактерицидной установки входит:

- а) определение качества воды по бактерицидному анализу;
- б) ручной расчет бактерицидного потока используемой лампы;
- в) расчет производительности установки по проведенному бактерицидному анализу и расчетным характеристикам ламп;
- г) использование пробковых кранов, задвижек в случае заполнения и освобождения воды в установке, а также при необходимости перенаправления воды в другие установки;
- д) контроль процесса обеззараживания воды путем:
 - визуального определения интенсивности ультрафиолетового излучения
 - лампы через смотровое окно установки;
 - наблюдения за сигнальной лампой «Аварийное отключение».

Поскольку информация носит экспертный характер, для описания задачи управления целесообразно применить аппарат нечеткой логики.

Целью данной работы является улучшение качества хозяйственно-питьевой воды, за счет автоматизации процесса обеззараживания.

В данной работе решаются следующие задачи:

- а) разработка модели нечеткого управления процессом обеззараживания хозяйственно-питьевой воды;
- б) синтез этапов нечеткого вывода;
- в) численный анализ модели нечеткого управления.

Разработка модели нечеткого управления процессом обеззараживания хозяйственно-питьевой воды

С целью автоматизации процесса обеззараживания хозяйственно-питьевой воды, необходимо внести изменения в структуру системы управления установкой, введя блок нечеткого регулирования (рис. 1).

На рис. 1 введены следующие обозначения:

- 1 – качество воды;
- 2 – потребность города в воде;
- 3 – время пребывания воды в установке;
- 4 – вода;
- 5 – очищенная вода;
- 6 – интенсивность УФ-излучения.

База правил нечетких продукций является конечным множеством правил нечетких продукций, согласованных относительно лингвистических переменных, используемых в них.

- В качестве входных лингвистических переменных следует использовать:
- а) качество воды, поступающей в бактерицидную установку: λ – «качество воды»;
 - б) уровень светового потока лампы, от которого зависит уровень сопротивления бактерий: β – «интенсивность УФ излучения»;
 - в) потребность города в воде: j – «потребность воды».

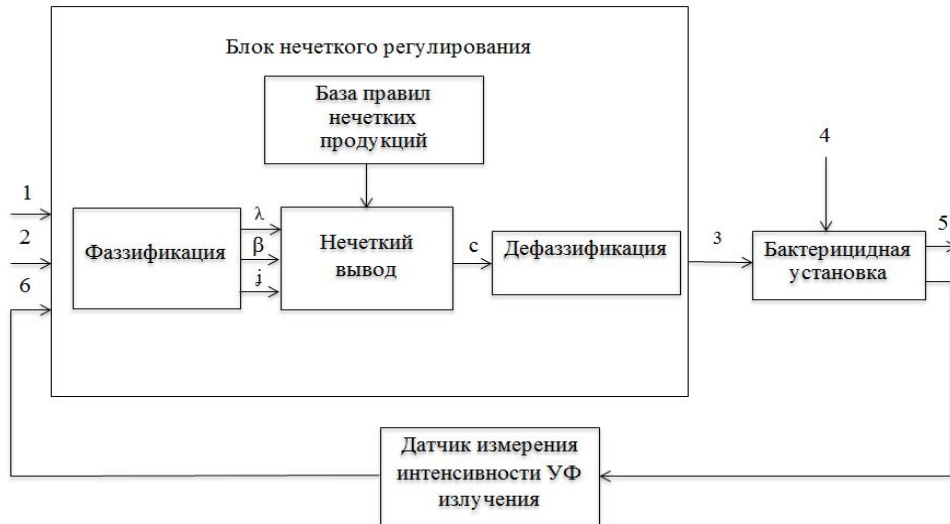


Рисунок 1 – Структура системы нечеткого управления

В качестве выходной лингвистической переменной необходимо использовать время пребывания воды в установке: c – время пребывания воды".

В качестве терм-множества лингвистической переменной λ используется множество $T1 = \{\text{«очень хорошее»}, \text{«хорошее»}, \text{«нормальное»}, \text{«ниже нормы»}\}$ с функциями принадлежности, изображенными на рис. 2. В качестве терм-множества лингвистической переменной β используется множество $T2 = \{\text{«критическая»}, \text{«низкая»}, \text{«средняя»}, \text{«высокая»}\}$ с функциями принадлежности, изображенными на рис. 3. В качестве терм-множества лингвистической переменной j используется множество $T3 = \{\text{«низкая»}, \text{«средняя»}, \text{«высокая»}\}$ с функциями принадлежности, изображенными на рис. 4. В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной c используется множество $T4 = \{\text{«минимальное»}, \text{«среднее»}, \text{«высокое»}, \text{«максимальное»}\}$ с функциями принадлежности, изображенными на рис. 5.

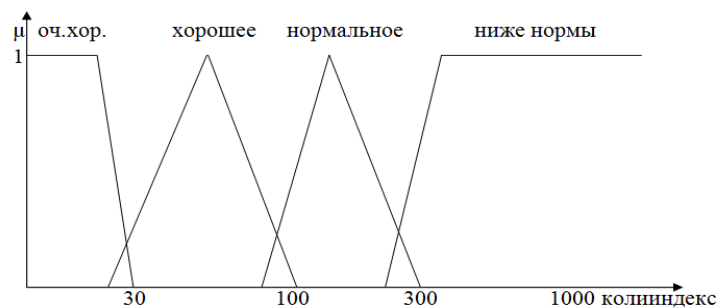


Рисунок 2 – График функций принадлежности для термов лингвистической переменной λ

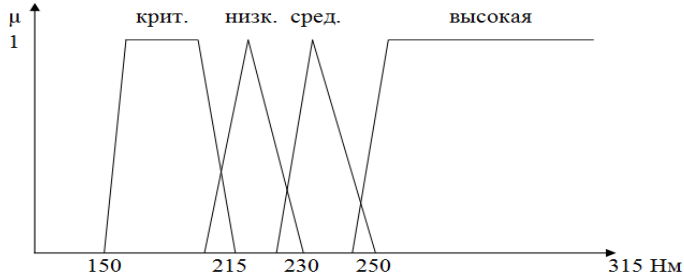


Рисунок 3 – График функций принадлежности для термов лингвистической переменной β

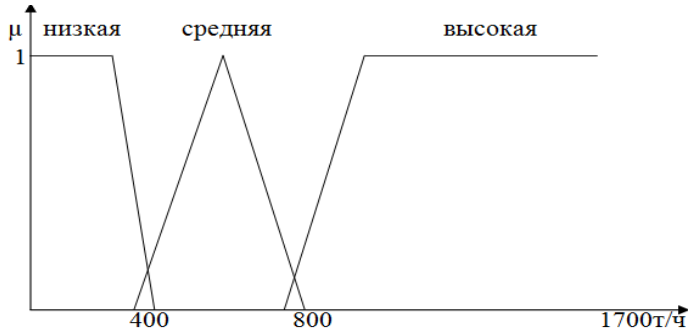


Рисунок 4 – График функций принадлежности для термов лингвистической переменной j

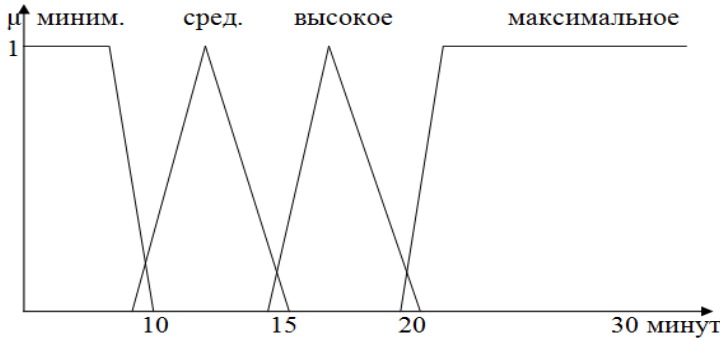


Рисунок 5 – График функций принадлежности для термов лингвистической переменной c

В данном случае система нечеткого вывода содержит 48 правил нечетких продукций. В качестве примера приведены следующие правила:

- 1. ЕСЛИ «качество воды очень хорошее» И «интенсивность УФ излучения критическая» И «потребность воды низкая», ТО «время пребывания воды среднее».
- 2. ЕСЛИ «качество воды нормальное» И «интенсивность УФ излучения критическая» И «потребность воды средняя», ТО «время пребывания воды высокое».
- 3. ЕСЛИ «качество воды хорошее» И «интенсивность УФ излучения высокая» И «потребность воды высокая», ТО «время пребывания воды минимальное».
- 4. ЕСЛИ «качество воды ниже нормы» И «интенсивность УФ излучения критическая» И «потребность воды низкая», ТО «время пребывания воды максимальное».
- 5. ЕСЛИ «качество воды ниже нормы» И «интенсивность УФ излучения высокая» И «потребность воды средняя», ТО «время пребывания воды высокое».

Синтез этапов нечеткого вывода Модель нечеткого управления (рис. 1) строится с учетом необходимости реализации всех этапов нечеткого вывода [2], а сам процесс вывода реализуется на основе наиболее распространенного алгоритма нечеткого вывода – алгоритма Мамдани (рис. 6).

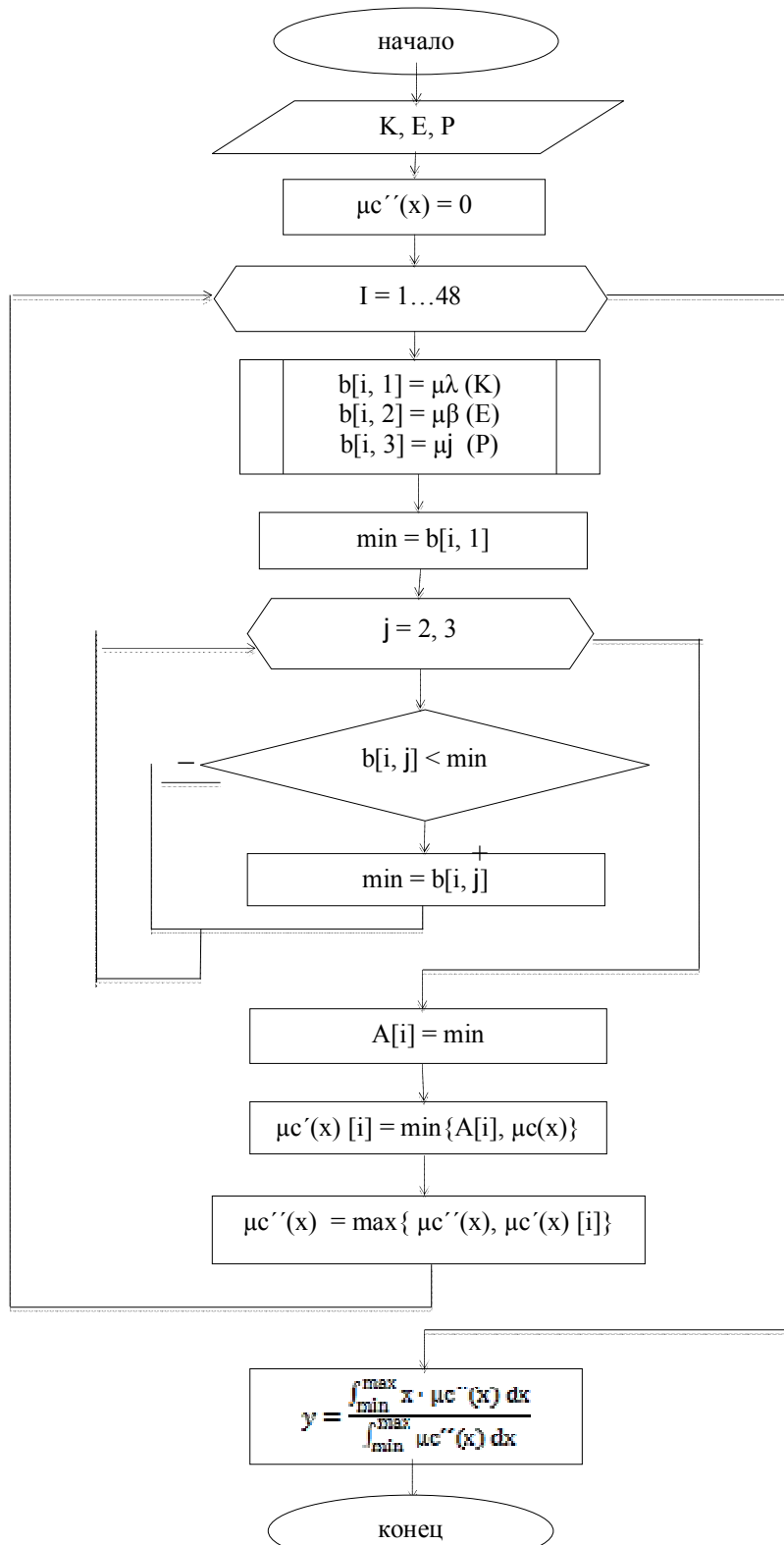


Рисунок 6 – Алгоритм реализации нечеткого вывода

Численный анализ модели нечеткого управления

Программная реализация алгоритма осуществлена в среде MATLAB [5]. Содержащая специальные средства нечеткого моделирования, система MATLAB позволяет выполнять весь комплекс исследований по разработке и применению нечетких моделей. Задание лингвистических переменных и функций принадлежности их термов в графическом режиме, а также визуализация правил позволяют существенно уменьшить трудоемкость разработки нечеткой модели, снизить количество возможных ошибок и сократить общее время нечеткого моделирования.

С целью установления адекватности разработанной модели нечеткого управления был проведен анализ результатов нечеткого вывода при различных значениях входных переменных (табл. 1).

Таблица 1 – Анализ результатов нечеткого вывода

№	Входная переменная «Качество воды»	Входная переменная «Интенсивность УФ излучения»	Входная переменная «Потребность воды в городе»	Выходная переменная «Время пребывания воды»	Время пребывания воды
1	20	170	300	12	12.6
2	200	160	600	17	16.2
3	50	300	1500	4.93	5.18
4	700	160	270	25.5	24.3
5	500	270	650	15	14.3
6	1000	250	1000	7.15	7.5
7	100	200	500	17	16.15
8	350	290	750	10	9.7
10	30	310	800	8.7	8.3
11	800	210	1400	6.4	6.72
12	70	150	450	15	14.3
13	400	190	900	8.4	8
14	900	200	400	27	28.35
15	600	300	600	14	13.34

Незначительное отклонение результатов, рассчитанных системой, от принятых оператором установки решений по времени пребывания воды подтверждает адекватность разработанной модели нечеткого управления.

Выводы

Таким образом, на основе изучения технологии и особенностей процесса, разработана модель системы нечеткого управления, которая позволяет автоматизировать процесс обеззараживания хозяйственно-питьевой воды. Проведен синтез этапов нечеткого управления, а также численный анализ разработанной модели.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего совершенствования модели и алгоритма управления, с целью создания системы автоматизированного управления процессом обеззараживания хозяйственно-питьевой воды.

Список литературы

1. Стогний П.М. Нечеткое управление процессом обеззараживания воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения / П.М. Стогний, И.А. Тарасова // Современная информационная Украина: информатика, экономика, философия : Материалы докладов VI международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, студентов (Донецк, 26 апреля 2012). – Донецк : ИПИИ «Наука і освіта», 2012. – С. 226-229.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / Леоненков А.В. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
3. Борисов В.В. Нечеткие модели и сети / Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
4. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. / Алтунин А.Е., Семухин М.В. – Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
5. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / Штовба С.Д. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
6. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 383 с.
7. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети./ Ротштейн А.П. – Винница: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 1999. – 320 с.

References

1. Stogniy P.M. Fuzzy Control of process water disinfection for domestic water supply / P.M. Stogniy, I.A. Tarasova // Materials of the reports VI International scientific-practical conference of young scientists, graduate students, "Modern Informational Ukraine: informatics, economics and philosophy." Donetsk, April 26, 2012 - Donetsk: IAI "Nauka i Osvita", 2012. – S. 226-229.
2. Leonenkov A.V. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH. BHV- Petersburg, 2003 . – 736 s.
3. VV Borisov Fuzzy models and network. M.: Hotline - Telecom , 2007 . □ 284 s.
4. Altunin A.E. Models and algorithms for decision making in fuzzy environment. Tyumen, Tyumen State University Publishing House , 2000 . □ 352 s.
5. Shtovba S.D. Design of fuzzy systems by means of MATLAB. M.: Hotline - Telecom , 2007 . – 288 s.
6. Rutkovska D. Neural networks , genetic algorithms and fuzzy systems . M.: Hotline - Telecom 2006 . – 383 s.
7. Rothstein A.P. Intelligent identification technology: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks. UNIVERSUM - Vinnitsa , 1999. – 320 s.

RESUME

I.A. Tarasova, T.V. Phenyo

Fuzzy Control of Domestic Water Disinfection Process

Background: Water plays the most important role in the vital functions of organism its shortcoming is aggravated with deterioration of its quality. Presently in world's practice tendency was aimed on full or partial replacement of chlorination by UF-radiation. Most widespread the UF-installation of disinfecting of water is the bactericidal installation of type of OV-150. The processed water arrives in parallel in three cameras of installation, carefully mixed and exposed of radiation with a help of UF of the lamps placed in protective quartz covers. The disinfected water which has passed through installation, intends for direct consumption in systems of utility-drinking water supply. The purpose of this work is to improve the quality of domestic water, by automating the process of disinfection.

Materials and methods: The model of system of indistinct management which allows to automate process of disinfecting of domestic water is developed. Formalization of entrance and output variables was conducted, synthesis of stages of an indistinct conclusion is carried out. For system of an indistinct conclusion the base of rules including 48 rules of indistinct production is created. The model of indistinct management is constructed taking into account realization of all stages of an indistinct conclusion. The algorithm of an indistinct conclusion which is realized on the basis of Mamdani most widespread algorithm is developed. Program realization developed model and algorithm is carried out by means of Matlab.

Results: Slight deviation of the results calculated system of decisions taken by the plant operator on the residence time of water confirms the adequacy of the developed model of fuzzy control.

Conclusion: Obtained results can be used to further improve the model and the control algorithm, in order to create an automated process control system disinfection of domestic water.

Статья поступила в редакцию 07.10.2013.