

**ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКОЙ СТОЧНЫХ ВОД**

В условиях роста промышленного производства, когда человечество использует для своих нужд более половины запасов пресных вод, проблема сохранения качества поверхностных вод становится чрезвычайно актуальной. Главным источником загрязнения водной среды являются сточные воды. Основная их масса на территории Украины (около 80% от общего объема очищенной воды) очищается на биологических очистных сооружениях, от эффективной работы которых зависит качество очистки сточных вод (ОСВ).

Если до начала 1990-х гг. для городских сточных вод достаточно было удалить взвешенные вещества и органические примеси и провести обеззараживание воды, то в настоящее время системы биологической очистки сточных вод должны обеспечивать также удаление биогенных элементов [1]. Наибольшую опасность при этом представляют находящиеся в сточных водах соединения азота и фосфора.

Основную функцию в процессах очистки сточных вод от органических и биогенных загрязнений выполняют аэротенки – искусственные биологические сооружения, оборудованные разнообразными системами аэрации. Со времени первых успешных результатов очистки сточных вод активным илом, предложено много различных технологических решений [2]. Внесение кислорода в сооружения биологической очистки для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов активного ила является неотъемлемой частью технологического процесса очистки сточных вод.

Интересной альтернативой схемы «аэротенк – вторичный отстойник», особенно для относительно небольших сооружений в диапазоне производительности от 100 до 10 000 м<sup>3</sup>/сут, является технология SBR (от Sequence Batch Reactor (англ.) – реактор переменного (циклического) действия) [3]. В отличие от традиционного

метода аэробной биологической очистки, при котором вода протекает через несколько последовательных ёмкостей разного назначения, в реакторе SBR все этапы очистки проходят в одной ёмкости (биореакторе) последовательно, с разделением по времени. Работа биореактора осуществляется в циклах, каждый из которых включает следующие фазы: наполнение, реакция (аэрация, периодическая или непрерывная), седиментация, удаление очищенной воды, удаление избыточного ила.

С помощью интерфейса системы управления можно настраивать, в определенных диапазонах, длительность фаз при изменении характеристик сточных вод, с учетом сезонных колебаний, расширения и т.д. Такая особенность является одним из главных технологических преимуществ SBR, поскольку обеспечивает максимальную гибкость в управлении процессом очистки.

В отличие от технологии SBR, широко распространенная традиционная технология очистки с помощью аэротенков плохо поддается автоматизации.

Управление технологическими процессами ОСВ приходится осуществлять в условиях информационной неопределенности, связанной со сложностью протекания биохимического процесса очистки сточных вод [4]. При жестких требований к качеству ОСВ и одновременном снижении энергопотребления процессом ОСВ, для обеспечения своевременных и верных управленческих решений, необходимы новые функции, отсутствующие в традиционных автоматизированных системах управления технологическими процессами. [5].

С другой стороны, следует обратить внимание на рабочий персонал очистных сооружений, который, часто имеет низкую компетентность или недостаточный опыт в понимании взаимосвязанных биохими-

ческих процессов, протекающих в аэротенках, и требуемых условий содержания микроорганизмов, очищающих воду. В то же время функция принятия решений и ее автоматизированная поддержка на очистных сооружениях, реализованная через системы поддержки принятия решений, находится в начальной стадии развития. Система поддержки принятия решений представляет собой диалоговую компьютерную автоматизированную систему, целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности [ 6].

В данных обстоятельствах применение традиционных методов управления не может быть достаточно эффективным (рис.1) [7]. Согласно концепции выбора методов управления, в зависимости от сложности объекта управления и объеме информации о нем, для управления процессами очистки сточных вод следует применять методы интеллектуального и нечеткого управления, доказавшие на практике свою высокую эффективность при наличии весьма ограниченной или неопределенной информации об управляемых процессах. Нечеткое моделирование оказывается особенно востребованным, когда в описании систем управления присутствует неопределенность, затрудняющая или исключающая применение точных количественных методов [8]

Булева логика, на которой основаны классические методы управления, имеет один существенный недостаток – с ее помощью невозможно описать ассоциативное мышление человека. Квалифицированный оператор очистных сооружений является, по сути, экспертом, который опирается не только на теоретические знания, но и на накопленный опыт, решая многопараметрическую задачу в выборе оптимального набора воздействий на исполнительные механизмы.

Поэтому многие современные задачи управления сложными объектами просто не могут быть решены классическими методами из-за очень большой сложности математических моделей, их описывающих, с чем мы сталкиваемся в задаче

управления биологическими очистными сооружениями.

Аппарат нечеткой логики опирается на понятие «лингвистическая переменная», которая может принимать значения фраз из естественного или искусственного языка. Поэтому, например, измеряемая специальным датчиком доля растворенного в воде кислорода может принимать значения «низкая», «средняя», «высокая» или «очень низкая».

Аналогичным образом, концентрация ионов аммония, которая также измеряется в реальном времени, может принимать ряд перечисленных выше или еще больший набор разделяемых нечеткой логикой значений.

Чтобы использовать теорию нечеткости, необходимы математические преобразования, позволяющие перейти от лингвистических переменных к их числовым аналогам в вычислительных устройствах.

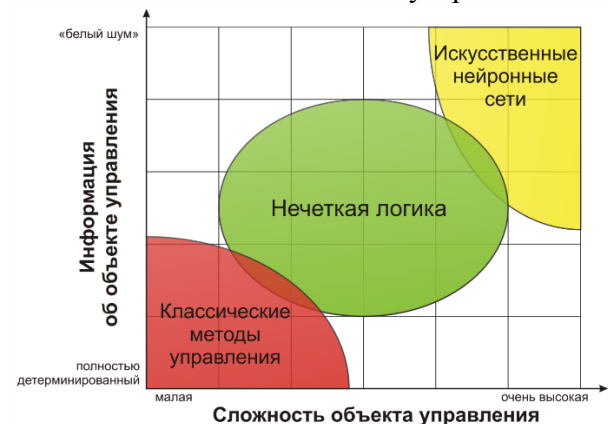


Рис.1. Выбор методов управления в зависимости от сложности объекта управления и объеме информации о нем

На сегодняшний день алгоритмы нечеткой логики получили большую популярность, завоевали уверенную долю рынка программно-технических средств автоматизации и реализуются в любом возможном виде:

1. Полностью аппаратные реализации (готовые микропроцессоры CISC-архитектуры, производства Siemens, STMicroelectronics и другие).
2. Полностью программные реализации (специально разработанные библиотеки для существующих сред програ-

ммирования, а также отдельные, независимые редакторы, т.н. FuzzySoftware, с возможностью компиляции программ для микроконтроллеров).

3. Аппаратно-программные реализации (например, микроконтроллеры производства Motorola, имеющие в своей архитектуре отдельный модуль нечеткой логики, наряду с независимым от него арифметико-логическим устройством).

### **Выводы:**

Возрастающие требования к качеству очистки сточных вод, снижению потерь воды и снижению энергоемкости процесса очистки привели к необходимости разработки новых технологий ОСВ. Среди применяемых в настоящее время систем и принципов очистки сточных вод едва ли не самое значительное место отведено биологическим методам. В то же время появились новые технические средства автоматизации (датчики, вторичные приборы, программируемые логические контроллеры) позволяющие решать ранее сложно решаемые задачи па автоматизации аэротенков, биологических реакторов и т.д.

В виду сложности протекания биохимического процесса очистки сточных вод, управление технологическими процессами ОСВ приходится осуществлять в условиях информационной неопределенности. Для обеспечения своевременных и верных управленческих решений необходимы новые функции, отсутствующие в традиционных автоматизированных системах управления производственными процессами. Для сложных технологических процессов с большим числом взаимосвязанных параметров, таких как биологическая очистка сточных вод, необходимо разрабатывать и внедрять интеллектуальные алгоритмы управления.

Внедрение интеллектуальных алгоритмов управления на основе нечеткой логики и нейронных сетей позволит сократить количество принятия неверных решений в задачах комплексного многопараметрического управления, увеличив эффективность работы очистных сооружений, сведет к минимуму число аварийных ситуаций.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Эпов А.Н. Канунникова Н.А. Разработка типовых решений по автоматизации процессов биологической очистки сточных вод с совместным удалением азота и фосфора //Наилучшие доступные технологии, № 3, 2014, с. 40-54.
2. Большаков Н.Ю. Биотехнологии на страже экосистемы, // «СтройПРОФИ» №11, 2013, с.18-22
3. Панова И.Н., Нойберт И. Биологическая очистка по технологии SBR // Экология производства, 2014, № 6, с.58-61
4. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Нгуен Суан Нгуен. Анализ и синтез систем водобеспечения химических производств – М.: Химия, 2002. – 496 стр.
5. Юрченко В.А, Смирнов А.В., Есин М.А. Опыт повышения энергоэффективности работы очистных сооружений канализации //Коммунальное хозяйство городов, № 107, 2013, с.176-183
6. Шкундина Р.А. Интеллектуальная система поддержки принятия решений на основе онтологии в сложных биосистемах //Прикладная информатика №5, 2006, с. 98-103
7. Гриняев С. Нечеткая логика в системах управления //Компьютерра №38(415), 2001, с.28-32
8. Мурачев Е.Г., Холодов Г.М., Солопова О.И. Методика построения системы управления технологическим процессом биологической очистки сточных вод на основе гибридных нейронных сетей //Известия МГТУ «МАМИ» № 2(8), 2009. с.231-241