



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, Санкт-Петербург, 195251
тел.: +7(812)297 2095, факс: +7(812)552 6080
office@spbstu.ru

06.12.2022 № 09-21-4-541

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-организационной

работе Ю.С. Ключков

Ю.С. Ключков

___ 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
на диссертационную работу **Фоменковой Анастасии Алексеевны**
на тему **«Модельно-алгоритмическое обеспечение мониторинга состояния систем анаэробной биологической очистки сточных вод»**,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

1. Актуальность темы диссертации

Востребованность систем эффективной очистки сточных вод в промышленности обусловлена очевидной необходимостью устранения биологических, химических и прочих загрязнителей и обеспечения, в этой связи, высокой надежности функционирования систем очистки в условиях неопределенности, связанной в основном со слабой формализуемостью биохимической составляющей объекта.

Очевидным достоинством анаэробных систем являются возможность получения дополнительной энергии за счет образующегося биогаза и высокая эффективность очистки для стоков с высоким содержанием органических загрязнителей, что составляет их преимущество в сравнении с другим оборудованием подобного назначения.

002528

Решение качественных задач, направленных на увеличение времени безотказной работы, на обеспечение наиболее предпочтительного режима работы системы анаэробной биологической очистки (САБО) и плавности ее перевода в работоспособное состояние, учитывающих многосвязные элементы технического сооружения при действии неконтролируемых возмущений, являются, на данный момент востребованными современными задачами мониторинга и управления в технике экологического предназначения.

Тема диссертационного исследования, посвященная одному из современных направлений – повышению эффективности системы очистки с при использовании современных цифровых технологий мониторинга и управления, является актуальной.

2. Структура и содержание диссертационного исследования

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении проведен анализ известных работ по теме диссертации и обоснована актуальность исследования. Системы анаэробной биологической очистки сточных вод представлены как объекты мониторинга. Обосновано принятие теоретико-множественного подхода к анализу обобщенного состояния системы. Сформулированы цель и задачи исследования. Изложены суть методов исследования и научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, обоснованы достоверность и обоснованность результатов, приведены основные результаты исследования и их апробация.

В первой главе работы описываются особенности функционирования систем анаэробной биологической очистки сточных вод, представленных как объекты мониторинга. Обосновано принятие теоретико-множественного подхода к анализу обобщенного состояния системы.

Во второй главе разработана обобщенная математическая модель процесса очистки сточных вод в анаэробном биореакторе, которая связывает системотехнические, физические и биохимические процессы, учитывает их взаимное влияние и, тем самым, представлена как основа системы мониторинга обобщенного состояния САБО. Поставлена и решена задача разработки структуры системы мониторинга сложного объекта.

В третьей главе поставлена и решена задача разработки алгоритмического и программного обеспечения имитационного моделирования САБО, основанного на обобщенной математической модели объекта исследования и мониторинга.

Предложены алгоритмы анализа обобщенного состояния САБО, позволяющие принимать решение о работоспособности системы с учетом степени деградации биомассы и причин угнетения микроорганизмов по ограниченному набору диагностических признаков, оптимальному по стоимости и информативности проверок.

В четвертой главе разработана структура технологии системы мониторинга обобщенного состояния САБО на основе специального вида секционного биореактора, эффективного для применения на предприятиях молочной промышленности. В основу системы мониторинга положены предложенные в главе 3 алгоритмы анализа состояния САБО, позволяющие определить деградацию анаэробной биомассы и выявить отказы технических подсистем САБО. Приведены примеры конструирования системы управления для процесса очистки с конкретными параметрами.

В заключении диссертационной работы сделаны выводы по полученным результатам, подтверждающие актуальность проведенных исследований и их логическую и практическую завершенность.

Приведен список литературы и приложения, иллюстрирующие результаты исследования.

3. Обоснованность, достоверность и новизна выводов и результатов диссертации

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается математическим обоснованием используемой модели САБО, корректным применением методов технической диагностики, подтверждением теоретических результатов результатами компьютерного моделирования.

Полученные автором результаты прошли апробацию публикациями, как в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», так

и в индексируемых зарубежных журналах, а также докладами на международных и российских научно-технических конференциях.

Научная новизна работы заключается:

– в разработке обобщенной математической модели анаэробного биореактора САБО как наиболее общей модели с учетом взаимовлияния гидродинамических, тепломассообменных процессов и биохимических процессов загрязняющих веществ анаэробной биомассой, что дало возможность синтеза системы мониторинга;

– в разработке алгоритмического и программного обеспечения аналитико-имитационной модели САБО на основе обобщенной математической модели, составляющего основу системы мониторинга обобщенного состояния САБО с целью своевременного принятия управленческих решений, направленных на поддержание работоспособности в процессе непрерывной эксплуатации;

– в построении структуры технологии мониторинга САБО с новой конструкцией секционного биореактора с учетом многостадийности анаэробной очистки и набора диагностических признаков, выбранных по критериям минимальной стоимости и максимальной информативности.

4. Теоретическая и практическая значимость полученных результатов для науки и техники

К теоретическому результату диссертационного исследования относится новая обобщенная математическая модель САБО, формально описывающая динамику взаимосвязи физических, технических и биохимических процессов в системе, а также модели и алгоритмы мониторинга обобщенного состояния САБО как сложного биотехнического объекта.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования подтверждается документами:

- актами внедрения:

– в проект системы диспетчерского управления очистных сооружений в рамках научного направления «Комплексная переработка минерального, техногенного и растительного сырья с получением функциональных материалов с заданными свойствами» базовой кафедры

экологии и экологических проблем химической технологии Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС);

– в учебный процесс подготовки бакалавров и магистров кафедры компьютерных технологий и программной инженерии государственного университета аэрокосмического приборостроения (ГУАП), Санкт-Петербург;

- свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ: №20216

- №2021613417 «Программный модуль для имитационного моделирования системы анаэробной очистки сточных вод»;

- №2021669208 «Программный модуль для идентификации видов технического состояния анаэробного биореактора»;

- патентом на полезную модель UA 93476 U «Анаэробный биореактор для очистки сточной воды».

5. Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки и техники

В настоящее время САБО все шире внедряются на известных крупных молокозаводах, пивоварнях, заводах по производству кормовых дрожжей и других направлений пищевой промышленности. Характерной особенностью известных технических решений является отдельный подход к проектированию очистных сооружений и систем автоматизации технологических процессов, происходящих в них.

Предложенная автором технология мониторинга САБО принципиально отличается комплексным учетом технических и технологических особенностей функционирования объекта на основе сочетания методов математического и имитационного моделирования и прямых наблюдений за измеряемыми параметрами САБО для оценивания текущего технического состояния системы. Важно подчеркнуть, что предложенные методы совместно учитывают как технические, так и биологические процессы, что позволяет рассматривать САБО как сложный биотехнический объект. Это, в конечном счете, должно привести к существенному повышению качества, надежности и безаварийности работы системы.

Таким образом, результаты, полученные в диссертационной работе, существенно влияют на внедрение методологий цифровизации при эксплуатации сложных технических объектов и дальнейшее развитие отрасли.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Проведенные в диссертации исследования представляется перспективным развивать в направлении расширения разработанного программно-алгоритмического обеспечения на другие типы сложных биотехнических систем, например, систем аэробной очистки сточных вод, систем биотехнологического производства лекарственных препаратов, ферментов, систем биотехнологического производства продуктов пищевой промышленности.

Полученные в работе научные результаты, выводы и практические рекомендации могут найти применение при модернизации, реконструкции и внедрении современных локальных очистных сооружений, оснащенных системами автоматизированного управления и мониторинга. В Северо-Западном регионе это могут быть крупные предприятия пищевой промышленности, такие как заводы ОАО «Петмол», АО «Вимм-Билль-Данн», ООО «Пивоваренная компания «Балтика», ООО «Кировский биохимический завод» и другие предприятия, характеризующихся высоким содержанием органических загрязнений в сточных водах.

7. Замечания по содержанию диссертации

1. Общая концепция диссертации основана на системном подходе к созданию структуры системы мониторинга, обеспечивающей требуемые свойства сложному биотехническому объекту. Однако в диссертации рассматривается детерминированная математическая модель объекта. Желательна классификация типов неопределенностей и классов возмущений, обуславливающих взаимодействие основных процессов системы и среды функционирования.

2. Из обзора по методам и алгоритмам управления (п.1.7) не следуют четко оформленные рекомендации по конструированию систем управления САБО. Рассмотрены только возможные пути построения систем управления САБО (п.4.4).

3. Не проведен анализ вероятностных характеристик параметров, характеризующих состояние САБО в процессе мониторинга.

4. На с.83. алгоритм 3.1: отсутствуют комментарии относительно действий в операции проверки значимости минимального набора диагностических признаков.

5. На с. 92. рисунок 3.2: из 2-го и 6-го графиков неясны граничные значения показателей, позволяющих отличать состояния $St_1 \rightarrow St_6 \rightarrow St_{11} \rightarrow St_{16}$.

6. В тексте диссертации присутствуют семантические и синтаксические неточности.

8. Общая характеристика диссертационной работы

В диссертации содержатся необходимые ссылки на используемые источники литературы. Перечень публикаций автора дает возможность сделать вывод, что основные положения диссертации достаточно полно изложены в печатных работах и апробированы. Таким образом, диссертационная работа и автореферат в целом соответствуют ГОСТу Р07.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

9. Заключение

Диссертация Фоменковой Анастасии Алексеевны на тему «Модельно-алгоритмическое обеспечение мониторинга состояния систем анаэробной биологической очистки сточных вод» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи повышения эффективности функционирования биотехнических систем, достигаемое путем применения разработанных современных подходов к мониторингу состояния сложных систем.

Тема диссертационной работы является актуальной, полученные результаты имеют научную новизну и практическую значимость. Диссертационная работа соответствует критериям п.п. 9 - 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2022 года № 1690), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор,

Фоменкова Анастасия Алексеевна, заслуживает присуждения научной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на заседании Высшей школы киберфизических систем и управления ФГАОУ ВО «СПбПУ», на котором присутствовало 36 сотрудников, протокол № 10 от 26 октября 2022 г.

Директор Высшей школы
киберфизических систем и
управления ФГАОУ ВО
«СПбПУ Петра Великого»
д.т.н., профессор

_____ В.П. Шкодырев

Доцент Высшей школы
киберфизических систем и
управления ФГАОУ ВО
«СПбПУ Петра Великого»,
к.ф.-м.н., доцент

_____ А.А. Ефремов

Сведения о составителях отзыва:

ФИО: Шкодырев Вячеслав Петрович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: Директор Высшей школы киберфизических систем и управления
ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»

Телефон: +7-921-934-77-96

ФИО: Ефремов Артем Александрович

Ученая степень: кандидат физико-математических наук

Ученое звание: доцент

Должность: Доцент Высшей школы киберфизических систем и управления
ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»

Телефон: +7-911-033-51-72

Сведения о ведущей организации:

Наименование: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Адрес: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Телефон: +7 (812) 775-05-30

e-mail: office@spbstu.ru