

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора

Скаткова Александра Владимировича

на диссертационную работу **Фоменковой Анастасии Алексеевны** на тему:

«Модельно-алгоритмическое обеспечение мониторинга состояния систем анаэробной биологической очистки сточных вод» по специальности 2.3.1 - «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

1. Актуальность избранной темы исследования

Поставленная в диссертационной работе задача повышения эффективности функционирования сложного биотехнического объекта за счет использования методологии интеллектуального мониторинга его параметров в процессе непрерывной длительной эксплуатации актуальна. Исследования, выполненные автором, направлены на создание систем поддержки принятия решений, обеспечивающих качество и безаварийность локальных систем анаэробной биологической очистки (САБО) сточных вод предприятий пищевой промышленности, работоспособность которых в значительной степени зависит от состояния биомассы, не поддающегося прямым измерениям в процессе мониторинга работы биореактора.

Особенностью САБО как объекта мониторинга является необходимость контроля неустойчивых биохимических процессов совместно с измеряемыми физическими и техническими параметрами в процессе эксплуатации. Это требует разработки специализированного модельно-алгоритмического обеспечения и использования для оценки текущего состояния системы методов имитационного моделирования.

Для оценки состояния системы автором используются эффективный подход к диагностике технических систем, расширенный учетом текущего состояния биомассы для оценки общего состояния системы. Это позволяет рассматривать работу как развитие методов системного анализа в части направления технической диагностики на область сложных биотехнических систем, что является актуальной научной задачей.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна

Новизна основных положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, заключается в комплексном подходе, учитывающем связь технических и биохимических процессов, происходящих в САБО. Это

позволило исследовать критические состояния системы, и на этой основе выполнить анализ процесса деградации биомассы, существенно влияющего на показатели качества очистки, энергоэффективности и вероятности возникновения нештатных ситуаций.

Следует выделить следующие основные научные результаты, полученные автором.

1. Предложена обобщенная математическая модель анаэробного биореактора, совмещающая известные уравнения массопереноса и параметры анаэробного брожения, отличающаяся от известных универсальностью применения для различных конструкций биореакторов и учетом ограничивающего действия массовых, тепловых потоков и гидродинамической обстановки на процесс биохимической очистки в биореакторе.
2. Разработаны и исследованы алгоритмы для имитационного моделирования САБО, которые применимы как в процессе проектирования системы, так и во время эксплуатации в составе программного обеспечения мониторинга технического состояния САБО. Особенностью предлагаемых алгоритмов является использование численного решения обобщенной математической модели для типовых конструкций биореакторов совместно с данными по эксплуатации подобных систем.
3. Предложена методика оценивания состояния САБО в реальном масштабе времени по ограниченному набору диагностических признаков с сокращением количества необходимых лабораторных проверок проб биомассы. В основе предлагаемой методики лежит анализ методами технической диагностики результатов имитационного моделирования функционирования САБО в различных режимах работы, в том числе неработоспособных.
4. На основе анализа работы САБО предложена и исследована новая конструкция многосекционного биореактора с иммобилизированной биопленкой, позволяющая увеличить качество и энергоэффективность очистки сточных вод за счет организации различных режимов работы секций.
5. Выработаны рекомендации по модельно-алгоритмическому обеспечению процессов мониторинга. Выполнение этих рекомендаций, основанных на одновременном использовании результатов измерений технических параметров САБО и результатов анализа протекающих в нем биохимических процессов, позволяет получить оценки обобщенного состояния САБО для поддержания работоспособности системы и

обеспечения сформулированных автором критериев качества и энергоэффективности функционирования САБО.

В целом, основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, представляются достаточно обоснованными и достоверными. Это подтверждается детальным анализом известных публикаций в рассматриваемой области и большим количеством численных расчетов, выполненных в работе в том числе методами имитационного моделирования.

3. Общая оценка диссертационной работе

Диссертация написана хорошим техническим языком, аккуратно и грамотно оформлена. Структура диссертации хорошо продуманна. По каждой главе сделаны четкие выводы. Список используемых литературных источников достаточно полон и хорошо проанализирован. Приложения наглядно иллюстрируют и детализируют основной материал, что существенно подкрепляет понимание сути работы. Автореферат диссертации полно отражает содержание диссертационной работы.

Следует отметить, что основные результаты работы опубликованы в 4 рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК РФ по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Практические результаты подтверждены патентом на полезную модель и двумя свидетельствами на государственную регистрацию программы для ЭВМ. Апробация работы подтверждается участием автора в ряде региональных и международных конференций. Имеются две публикации в научных изданиях, входящих в Scopus и одна публикация в журнале, входящем RSCI на платформе Web of Science. Всего автором опубликовано 19 работ по теме диссертационного исследования.

Полученные результаты можно рекомендовать к внедрению на крупных предприятиях пищевой промышленности, связанных с высоким содержанием органических загрязнений в сточной воде и осуществляющих реконструкцию или модернизацию очистных сооружений. В частности, это могут быть организации и предприятия Севастопольского региона

- ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь
- Севастопольский молокозавод;
- Севастопольский завод шампанских вин.

4. Замечания и рекомендации

Отмечаю следующие недостатки работы:

1. Для анализа САБО используется каскадная модель жизненного цикла (с. 22). Не обосновано и не рассматриваются другие модели.
 2. В соответствии с определением 1.3 мониторинга состояния системы очистки (с. 28) в работе отсутствуют данные о методах прогнозирования обобщенного состояния САБО.
 3. Не в полной мере рассмотрена методика определения начальных и граничных условий для решения системы уравнений (2.21) (с. 70).
 4. В таблице 3.2 (с. 93) не показано, каким образом выбирались значения диагностических признаков.
 5. На рис. 3.14 (с. 117) отсутствуют указания на физические значения параметров по осям.
 6. На с.11 имеется опечатка – неверно указано количество приложений диссертации.
 7. При разработке обобщенной метаматематической модели анаэробного биореактора не выполнено четкое описание того, что эта модель отображает и чем автор системно пренебрёг. Отсутствует также указание о том, как необходимо модифицировать эту модель при возникновении дополнительных требований по ее адекватности.
 8. В работе отсутствует описание достаточных характеристик объема имитации исходя из требуемых величин ошибок 1 и 2 рода.
 9. В работе недостаточно уделено внимания конкретизации принципов системного анализа, используемых при построении систем мониторинга.
- Однако, указанные недостатки не влияют существенно на основные результаты диссертационной работы.

Заключение

Исходя из содержания диссертации и автореферата, можно сделать вывод, что работа Фоменковой А.А. является самостоятельно выполненным, завершённым научно-квалификационным трудом, содержащим решение актуальной научно-технической задачи разработки модельно-алгоритмического обеспечения мониторинга состояния сложных биотехнических систем, и удовлетворяет требованиям пп.9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2022 года № 1690), а её автор,

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

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор, профессор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет»,
Скатков Александр Владимирович

Официальный оппонент
докт. техн. наук, профессор

Скатков А.В.

Подпись Скаткова А.В. заверяю

Ученый секретарь
ФГАОУ «Севастопольский
государственный
университет»

Строкина С.П.

«16» ноября 2022 г.

Сведения о составителе отзыва:

Фамилия, имя, отчество: Скатков Александр Владимирович

Учёная степень: доктор технических наук

Место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет»

Должность: профессор кафедры «Информационные технологии и компьютерные системы»

Адрес: 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

Телефон: +7(978)784- 08- 84

Электронная почта: vm1945@mail.ru

Согласен на обработку персональных данных, связанную с работой
Диссертационного совета