

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

заместителя начальника кафедры технологий и средств автоматизации обработки и анализа информации космических средств Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны РФ доктора технических наук, доцента Шмелева В.В. на диссертационную работу Фоменковой Анастасии Алексеевны, выполненную на тему «Модельно-алгоритмическое обеспечение мониторинга состояния систем анаэробной биологической очистки сточных вод» и представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

I. Актуальность темы и проработка предметной области исследований

На современном этапе развития отечественной промышленности осуществляется информатизация или перевод на электронную форму информационного сопровождения подавляющего большинства процессов проектирования, изготовления, испытания и применения по назначению сложных технических систем различного назначения. Это в полной мере соответствует реализуемой в нашей стране национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам в июне 2019 г.

Приоритетной задачей при цифровизации экономики является разработка и внедрение технологий автоматического и автоматизированного принятия решений по управлению организационно-техническими системами различного назначения. Разработанное в рамках диссертационных исследований модельно-алгоритмическое обеспечение мониторинга состояния систем анаэробной биологической очистки (САБО) сточных вод в полной мере решает указанную задачу применительно к области применения биотехнических систем.

Соискатель провела научно-технический анализ последних наработок в областях математического обеспечения мониторинга и анализа состояния систем анаэробной биологической очистки как сложных биотехнических объектов, решения задач мониторинга технического состояния сложных технических систем в процессе их эксплуатации, управления биохимическими реакторами различного назначения. Результаты анализа показывают, что в

современных условиях тематика диссертационных исследований, посвященных разработке модельно-алгоритмического обеспечения мониторинга состояния САБО для вынесения обоснованных решений по обеспечению и поддержанию требуемого качества очистки и предотвращению перехода сложного биотехнического объекта в нежелательные состояния, является актуальной, имеет **важное значение** и ярко выраженную **практическую направленность**.

II. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

К **научным положениям**, определяющим новизну и значимость представленной диссертационной работы и вынесенным автором на защиту, следует отнести следующие:

1. Обобщенную математическую модель анаэробного биореактора САБО, описывающую его как сложный биотехнический объект.
2. Алгоритмическое и программное обеспечение аналитико-имитационного моделирования функционирования САБО.
3. Структуру технологии мониторинга обобщенного состояния САБО с новой конструкцией секционного биореактора.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

– обобщенная математическая модель анаэробного биореактора САБО, описывающая его как сложный биотехнический объект, *отличается* от известных уравнений массопереноса, теплообмена и гидродинамики дополнительными слагаемыми биохимического преобразования органических веществ и уравнениями роста биомассы, *что позволяет* учитывать взаимное влияние физических, биохимических процессов и технических параметров САБО;

– алгоритмическое и программное обеспечение аналитико-имитационной модели САБО *отличается* оригинальной организацией численного эксперимента по получению данных о состоянии биотехнических систем, *что позволяет* проводить совместный анализ технических параметров САБО и параметров жизнедеятельности биомассы;

– технология мониторинга САБО с новой конструкцией секционного биореактора *отличается* оригинальным процессом формирования сокращенного по критериям минимальной стоимости и максимальной информативности набора диагностических признаков оценивания обобщенного состояния САБО, *что позволяет* своевременно выявлять неисправности различной природы в процессе эксплуатации САБО.

III. Теоретическая и практическая значимость результатов исследования

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в новом применении теории диагностирования и контроля технического состояния сложных технических систем для биотехнических систем. Последние сочетают свойства чисто технических систем и свойства биологических систем.

Для адаптации теории диагностирования и контроля к таким системам соискатель использовал методы и положения теории моделирования систем, теории множеств, теории системного анализа и численных методов.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в том, что использование разработанного модельно-алгоритмического обеспечения позволяет:

- повысить надежность и экологическую безопасность САБО сточных вод предприятий пищевой промышленности;
- сократить время обнаружения нежелательных состояний САБО до 18% по сравнению с известными алгоритмами мониторинга;
- уменьшить рабочий объем биореактора до 20%, повысить производительность системы по сточной воде до 20%;
- увеличить энергоэффективность САБО до 10%;
- снизить до 30% число необходимых лабораторных исследований при эксплуатации САБО.

IV. Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных научных результатов подтверждается:

- всесторонним анализом структуры и особенностей систем водоотведения и водоочистки, особенностей локальных систем очистки производственных сточных вод;
- анализом современного состояния исследований по проблеме управления биореакторами;
- получением прототипа специального программного обеспечения, реализующего выносимые на защиту положения (2 программы, зарегистрированные в установленном порядке), и полезная модель, также зарегистрированная в установленном порядке;
- согласованием предложенных модели, алгоритмов и технологии с результатами имитационного моделирования;
- детальным изучением и анализом публикаций, посвященных вопросам контроля и диагностирования сложных технических систем;
- достаточно широкой публикацией полученных результатов в печати и их апробацией на общественных обсуждениях.

Научные положения обоснованы:

- корректным использованием математического аппарата моделирования систем – при разработке обобщенной математической модели анаэробного биореактора САБО и алгоритмического и программного обеспечения аналитико-имитационного моделирования функционирования САБО, а также контроля и диагностики технических систем – при разработке технологии мониторинга обобщенного состояния САБО с новой конструкцией секционного биореактора;
- достижением прикладных требований к показателям

эффективности системы мониторинга состояния и принятия управленческих решений на основных этапах жизненного цикла системы анаэробной очистки.

V. Апробация и публикации

По теме диссертации **опубликовано** 19 научных трудов и приравняемых к ним результатов. Среди них:

- 2 статьи опубликованы в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук;
- 1 статья входит в библиографическую и реферативную базу Scopus;
- 1 статья входит в Russian Science Citation Index на платформе Web of Science;
- 1 патент на полезную модель зарегистрирован в установленном порядке;
- 2 программы для ЭВМ сопровождаются свидетельствами о государственной регистрации.

Положения, выносимые на защиту, прошли обсуждение на 12 конференциях и семинарах различного статуса и характера.

Таким образом, основные результаты исследований с достаточной полнотой и точностью **опубликованы** в научных работах автора, в том числе в рецензируемых журналах и изданиях, отражены в объектах интеллектуальной деятельности, прошедших государственную регистрацию в установленном порядке.

В совместных публикациях вклад соискателя является определяющим. Достижения других авторов использованы корректно с указанием ссылок на конкретные публикации.

VI. Реализация результатов диссертации

Основные результаты диссертационных исследований **реализованы:**

1. При разработке системы диспетчерского управления очистных сооружений в рамках выполнения проекта по научному направлению «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);

2. В учебном процессе подготовки бакалавров и магистров кафедры компьютерных технологий и программной инженерии государственного университета аэрокосмического приборостроения (ГУАП), Санкт-Петербург.

VII. Недостатки диссертационной работы

Следует отметить следующие **недостатки** диссертационной работы:

1. В разделе 1 автор обосновывает только необходимость автоматизации мониторинга обобщенного состояния САБО, при этом не обосновывается количественно с приведением соответствующих показателей необходимость сокращения длительности и ресурсоемкости данной процедуры.

2. Отсутствие математической постановки задачи и структурно-логической схемы диссертационных исследований не позволяет подтвердить их сквозной характер и взаимосвязь полученных результатов.

3. В разделе 3 автор приводит выигрыш только во времени от сокращения длительности процедуры мониторинга обобщенного состояния САБО при ее планировании с учетом информативности используемых диагностических признаков. Выигрыш в ресурсоемкости процедуры мониторинга при ее планировании с учетом стоимости используемых диагностических признаков не конкретизируется.

4. В алгоритме выбора минимального набора диагностических признаков обобщенного состояния САБО (стр. 85-86) после шага 6 (Определение диапазонов значений диагностических признаков в выделенных видах состояний) необходимо выполнить проверку наблюдаемости сформированных видов состояний.

Тем не менее, отмеченные недостатки не снижают научную и практическую ценность работы и не влияют на обоснованность выносимых на защиту положений и выводов.

VIII. Вывод

В целом, диссертационная работа Фоменковой Анастасии Алексеевны является законченной научно-квалификационной работой, выполнена на актуальную тему, отличается научной и практической значимостью полученных результатов и имеет завершенный характер.

Содержание работы соответствует специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

В ней содержится новое, научно обоснованное техническое и технологическое решение задачи разработки модельно-алгоритмического обеспечения мониторинга состояния систем анаэробной биологической очистки сточных вод, имеющее существенное значение для развития страны.

Полученные автором результаты являются достаточно новыми, обоснованными и достоверными. Автореферат отражает основные положения и выводы диссертации.

Диссертация выполнена единолично, содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

По научному содержанию, глубине и полноте выполненных

исследований, а также значимости и ценности полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертация соответствует критериям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Фоменкова Анастасия Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент:

заместитель начальника кафедры технологий и средств автоматизации обработки и анализа информации космических средств Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны РФ

197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д.13, тел.: (812) 347-95-65,
e-mail: vka@mil.ru

Доктор технических наук, доцент

Шмелев Валентин Валерьевич

«26» 11 2022 г.

Подпись заместителя начальника кафедры технологий и средств автоматизации обработки и анализа информации космических средств Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны РФ Шмелева Валентина Валерьевича удостоверяю.

Начальник  отдела кадров Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского

Г.Плотников