

## ОТЗЫВ

официального оппонента Земенкова Юрия Дмитриевича  
на диссертацию Агафонова Евгения Дмитриевича  
на тему «Алгоритмическое и программно-техническое обеспечение систем мониторинга и прогноза динамических распределенных процессов в магистральном нефтепроводе» по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» на соискание учёной степени доктора технических наук

Отзыв составлен по результатам анализа автореферата, диссертации и опубликованных научных работ по теме исследования.

Диссертационная работа изложена на 323 страницах, состоит из введения, 7 основных разделов, заключения, списка литературы из 285 наименований, 2 приложений.

**Актуальность.** Диссертация Агафонова Е.Д. посвящена актуальным вопросам совершенствования методологии и разработки алгоритмических средств работы с данными измерений технологических параметров в процессе управления магистральными нефтепроводами (МН).

Развитие новых технологий и возможностей систем автоматизации требует создания и постоянного развития соответствующего алгоритмического и программного обеспечения с целью эффективного управления сложными и протяженными системами опасных производственных объектов магистральных нефтепроводов России. В работе проанализировано фактическое состояние и обоснована необходимость развития подходов к созданию и совершенствованию прогнозных моделей, применяемых для систем автоматизированного управления, систем принятия решений при эксплуатации МН, с учетом нестационарности проходящих в них процессов и специализированных задач эксплуатации.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации Е.Д.Агафонова достаточная, соответствует заявленной специальности.

Автором выполнен обзор научно-технической литературы и результатов исследований в области создания систем автоматизированного контроля и управления, математического и имитационного моделирования, измерений, алгоритмов в объеме более 280 источников, включая зарубежные. Соискателем определены возможности современных средств имитационного моделирования для построения гидравлических моделей нестационарных режимов.

Для обоснования решений поставленных в диссертационной работе задач и проверки выдвинутой гипотезы автором использована широкая теоретико-методологическая база: методы теории вероятностей и математической статистики, метрологии, теории графов для гидравлических сетей, теории имитационного моделирования, непараметрического оценивания, интеллектуального анализа данных, теории идентификации, информатики, кибернетики, системного анализа, гидродинамики, проектирования автоматизированных систем.

Автором обозначены современные проблемы измерений параметров, управления технологическими процессами при транспортировке нефти, теоретическая и инструментальная база контроля основных и вспомогательных производственных процессов, обозначены перспективы использования

интеллектуальных, непараметрических методов обработки данных и технологий имитационного моделирования в условиях неопределенности.

Соискателем обоснована возможность применения адаптивных непараметрических методов и алгоритмов для построения прогнозных моделей и представлены результаты численных экспериментов. Доказаны теоремы об асимптотической сходимости предложенных оценок производной и модели линейной динамической системы.

Автором обоснована возможность исследования линейности динамической системы на основании её непараметрической модели, доказана теорема о необходимом условии линейности динамической системы, представлен алгоритм линеаризации моделей динамических систем с использованием непараметрического регулятора и его реализация для прогноза температуры нагревательных систем.

С применением гибридных и коллективных моделей в диссертации предложен новый алгоритм и программная реализация для контроля, анализа и прогнозирования показаний датчиков давления линейной части магистрального нефтепровода.

Математическое моделирование выполнено последовательно, логично, с указанием начальных и граничных условий, обоснованием положений и выводов. Стоит отметить сложность и оригинальность применяемого математического аппарата при решении задач построения математических и имитационных моделей.

Для моделирования и создания программно-технического обеспечения использовались современные программные среды и пакеты: Microsoft Visual Studio, Matlab совместно с инструментами Simulink, Simscape и SimHydraulics.

Предложенный автором алгоритмический комплекс реализован в виде программных модулей и апробирован с использованием численных экспериментов по эксплуатационным данным участка магистрального нефтепровода.

#### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.**

Научная новизна представленной диссертационной работы не вызывает сомнений.

Полученные в диссертации результаты обладают научной ценностью, вносят вклад в совершенствование подходов к мониторингу и управлению сложными технологическими системами.

Для решения поставленной задачи, автором разработаны и обоснованы новые:

- адаптивные непараметрические методы и алгоритмы прогноза состояния статических и динамических систем;
- новый метод прогноза выбега магистральных насосных агрегатов на базе адаптивных непараметрических моделей динамических систем, в условиях априорной неопределенности и наличия погрешностей в данных измерений давления;
- имитационная модель ускоренного прогноза технологических параметров магистрального нефтепровода (в среде Matlab SimHydraulics);
- метод исследования линейности динамических систем с введением адаптивного критерия линейности;
- метод прогноза распределения потоков в разветвленной трубопроводной сети на основе непараметрических моделей многосвязных систем;
- интеллектуальный алгоритм диагностирования датчиков и коррекции погрешностей измерения давления на линейной части магистрального нефтепровода на основании гибридной модели.

Научная новизна работы состоит в разработке нового подхода с применением непараметрических моделей к проблеме контроля и управления технологическими

процессами магистральных нефтепроводов как сложного динамического объекта.

Научная обоснованность положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертации определяется корректным использованием методологии анализа и синтеза сложных систем, прикладных методов математического моделирования.

Достоверность полученных научных положений подтверждается хорошей сходимостью результатов теоретического моделирования и экспериментов, удовлетворительной согласованностью с положениями ранее проведенных исследований других авторов.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что разработанные модели, алгоритмы и программное обеспечение позволят увеличить скорость, точность и устойчивость прогнозных моделей, влияющих на принятие решений в ходе автоматизированного управления оборудованием нефтепровода; прогнозировать и планировать расход электроэнергии; отслеживать и корректировать в режиме реального времени процессы в МН в соответствии с изменением эксплуатационных параметров.

Практическая значимость результатов исследования подтверждается актами о внедрении разработок автора на промышленных предприятиях АО «Транснефть – Западная Сибирь», ОАО «Красноярскнефтепродукт», АО «Таймырская топливная компания» и так далее. По теме диссертации получены 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Результаты работы могут быть использованы при разработке, внедрении или совершенствовании АСУТП предприятий нефтегазового комплекса, а также на предприятиях, технологический процесс которых требует оперативного определения, анализа и прогноза основных параметров, имеющих ключевое значения для эффективного управления.

**Общее заключение по диссертации.** Диссертация изложена специализированным научным стилем, логична, структурирована согласно поставленным задачам исследования. Оформление диссертации соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым на соискание ученой степени доктора технических наук. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Представленный текст диссертации Агафонова Е.Д., является законченным научным трудом, содержащим логически изложенные результаты решения задачи совершенствования системы управления сложными технологическими процессами. Каждая глава содержит значимые результаты научных исследований автора и заканчивается содержательными выводами.

Основные результаты проведенного исследования, выводы и рекомендации достаточно полно отражены в публикациях автора, в т.ч. 15 статей – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, и 5 работ – в изданиях, индексируемых в наукометрической системе SCOPUS, докладывались на конференциях всероссийского и международного уровня.

В качестве **замечаний**, следует указать следующее:

- во введении отсутствуют определения «объекта» и «предмета» диссертационной работы;

- в шестой главе, посвященной имитационному моделированию процессов в магистральном нефтепроводе, рассматриваемые модели являются одномерными, не учитывается многофазность содержимого нефтепровода, возможное наличие песка, камней и пр., что оказывает существенное влияние на переходные процессы;

- не раскрыты проблемы и не даны рекомендации по практическому внедрению

результатов работы, которые установлены автором;

- отсутствуют обозначения для графических зависимостей (например, рис. 2.24 на стр. 93, рис.3.16 на стр. 125, рис.3.32-3.33 на стр.148 и т.д.), что весьма затрудняет чтение материала;

- в тексте имеют место стилистические погрешности и опечатки (стр.78 «...одним из задач, поставленных в работе...», «представлены результаты численных экспериментов с полученными методами и алгоритмами» стр. 94, «...требующей для её решения выработки *соответствующей* методологии, создания *соответствующих* алгоритмических...» стр. 55-56 и др.).

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают научную новизну, теоретическую и практическую ценность результатов, полученных в ходе выполнения диссертационной работы.

Диссертационная работа соответствует требованиям паспорта специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» - п.2 «Разработка и оптимизация методов расчета и проектирования элементов, средств, приборов и систем аналитического и неразрушающего контроля с учетом особенностей объектов контроля»; п.6 «Разработка алгоритмического и программно-технического обеспечения процессов обработки информативных сигналов и представление результатов в приборах и средствах контроля, автоматизация приборов контроля».

Считаю, что представленная к защите диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Агафонов Евгений Дмитриевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Заведующий кафедрой  
«Транспорт углеводородных  
ресурсов» Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения высшего  
образования «Тюменский  
индустриальный университет»,  
доктор технических  
наук, профессор

Земенков Юрий Дмитриевич

16.08.2019 г

Почтовый адрес: 625000, г. Тюмень, бульвар Богдана Хмельницкого, 38

Телефон: +7 (3452) 28-36-70

Эл. адрес: zemenkovjd@tyumen.edu.ru



Подпись  
заверяю  
Ведущий документооборот общего отдела ТИУ  
*Земенков Ю.Д.*  
16.08.2019