

МИНОБРНАУКИ РОССИИ



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Ухтинский государственный
технический университет»
(ФГБОУ ВО «УГТУ»)

Первомайская ул., д. 13, г. Ухта,
Республика Коми, 169300
Телефон: (8216) 77-44-02
Факс: (8216) 76-03-33
E-mail: info@ugtu.net
[http:// www.ugtu.net](http://www.ugtu.net)

№ _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Ухтинский
государственный
технический университет»,

к.т.н., доцент

Курта Иван Валентинович

«15» августа 2019 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации 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

Актуальность исследований. Объект и предмет исследований. На государственном уровне в настоящее время заявлена и активно реализуется программа цифровизации ведущих отраслей экономики, которая относится, в том числе, и к нефтегазовому сектору, включая предприятия трубопроводного транспорта углеводородов. Представленная диссертационная работа лежит в русле современных тенденций российской промышленной политики, ориентированной на внедрение и использование инновационных цифровых технологий и энерго- и ресурсосбережение. Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена необходимостью удовлетворять современным и перспективным требованиям к безопасности и энергоэффективности при эксплуатации системы магистральных нефтепроводов в Российской Федерации. Этот результат может быть достигнут лишь при условии расширения автоматизации производственных процессов, в том числе в результате разработки и внедрения новых и усовершенствованных средств контроля. Предлагаемые в работе методы, алгоритмы и программы призваны предоставлять основу для расширенного мониторинга процессов в магистральном нефтепроводе с применением прогнозного моделирования.

Объект исследования – магистральный нефтепровод и его подсистемы, подлежащие мониторингу и управлению. Предметом исследования следует считать

комплекс подходов к созданию прогнозных моделей и реализующих их алгоритмов, необходимых для повышения эффективности мониторинга и управления объектом.

Цель и задачи исследований. Заявленная цель диссертационной работы - совершенствование средств мониторинга и прогноза технологических параметров систем магистрального нефтепровода с привлечением комплекса алгоритмических и программно-технических средств построения адаптивных и имитационных моделей, позволяющего повысить безопасность и расширить уровень автоматизации при эксплуатации нефтепровода – соответствует содержанию работы и в достаточной мере достигается в ходе проведенного исследования.

Задачи, поставленные в работе, можно оценить следующим образом.

Анализ особенностей магистрального нефтепровода как объекта мониторинга и управления, а также подходов и методов построения моделей технологических процессов перекачки нефти в магистральном нефтепроводе проведен на основании действующих регламентов, отраслевых руководящих документов, информации, предоставляемой в открытом доступе нефтетранспортными компаниями, и в соответствии с монографиями, обзорами и справочной литературой. В результате анализа делаются выводы о необходимости развития систем сбора и обработки технологической информации с использованием актуальных на сегодняшний день интеллектуальных и модельно-ориентированных подходов.

Разработка и исследование адаптивных непараметрических методов и алгоритмов прогнозирования состояния статических и динамических систем, с применением модельного описания процессов в магистральном нефтепроводе, представляет собой развитие теории адаптивных непараметрических систем, которая появилась во второй половине двадцатого века и в настоящее время ее результаты включены в инструментарий работы с данными в рамках машинного обучения и интеллектуальных подходов к управлению сложными системами. Примененный подход значительно расширяет возможности на практике решать задачи прогнозного моделирования динамических систем в условиях неопределенности. Соискателем продемонстрировано приложение разработанных методов и алгоритмов для прогноза процесса выбега магистральных насосных агрегатов.

Метод исследования линейности динамических процессов с введением адаптивного критерия линейности, а также непараметрический алгоритм линеаризации моделей представляют интерес с точки зрения теории и практики исследования нелинейных процессов в нефтепроводе. В частности, предложено их использование при решении задачи прогнозного моделирования температуры нагревательных элементов систем путевого электроподогрева.

Метод и алгоритмическое обеспечение для расчета распределения потоков на основе оценки решения системы нелинейных уравнений в соответствии с законами Кирхгофа, предложены соискателем в качестве альтернативы существующим подходам, требующим находить численное решение большой нелинейной системы уравнений. Применение предложенных метода и алгоритмов позволит ускорить расчет распределения потоков в нефтепроводной сети в условиях недостатка сведений о параметрах гидравлических сопротивлений в сегментах сети.

Алгоритм диагностирования состояния и коррекции погрешностей измерения давления на линейной части магистрального нефтепровода может быть использован в качестве средства мониторинга состояния нефтепровода, учета местных сопротивлений и наличия датчиков давления с существенной систематической погрешностью измерений. Результат выполнения задачи может быть рекомендован к использованию в системах диспетчерского контроля и управления нефтепроводом.

Прогнозную имитационную модель магистрального нефтепровода можно рассматривать как средство экспресс-прогноза характера распределения давлений на линейной части в нестационарных режимах. В результате получена процедура приближенной оценки процессов, которая может быть использована для получения и визуализации качественных закономерностей нестационарных процессов в трубопроводе, например, в учебном процессе. Для применения в системах автоматизированного управления представленная модель требует тщательной настройки.

Рекомендации по использованию и адаптации пакета MATLAB/SimHydraulics при создании прогнозной модели процессов в магистральном нефтепроводе являются результатом, имеющим преимущественно практическое значение для предприятий нефте- и нефтепродуктообеспечения. Полученные модели имеют возможность «тонкой настройки» и могут быть рекомендованы для широкого применения в системах мониторинга и управления технологическими участками, содержащими несколько нефтеперекачивающих станций. Созданные в результате модели могут рассматриваться как альтернатива существующим системам расчета распределенных гидравлических процессов в трубопроводе, таким как Cassandra и так далее.

Следует отметить, что решенные в диссертации задачи лежат в русле существующих тенденций научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, проводимых в России и за рубежом в настоящее время. Проблемы модельного описания процессов в трубопроводном транспорте входят в план работ отраслевых институтов (НИПИ, НИИ), входящих в систему ПАО «Транснефть», ПАО «НК «Роснефть» и других компаний. Вопросами комплексной оптимизации процессов, в том числе в трубопроводном транспорте углеводородов с привлечением математических и имитационных моделей активно занимается кафедра «Проектирование и эксплуатация магистральных газонефтепроводов» ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет». Работы по моделированию гидравлических расчетов систем нефтепроводов с применением разрабатываемых программных комплексов широко проводятся в ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» и других научно-образовательных учреждениях.

Работа соискателя отличается от аналогичных постановкой задач моделирования в условиях, когда некоторые характеристики объекта неизвестны. Например, предполагается, что неизвестными или постоянно изменяющимися являются расходонапорные характеристики магистральных насосных агрегатов, динамические операторы, описывающие выбег насосов, динамические характеристики нагревательных элементов системы путевого подогрева нефти, гидравлические сопротивления сегментов гидравлических сетей. В то же время, за пределами

рассмотрения в представленной работе остались адаптивные модели распределенных процессов непосредственно в линейной части нефтепровода, что потребует для развития идей автора работы в будущем.

При решении поставленных задач соискателем широко применялся математический аппарат, в том числе теория вероятностей и математическая статистика, методы системного анализа, теории оптимизации и так далее. Выводы, сделанные в диссертации корректны, базируются на результатах вычислительных экспериментов, в ходе математического доказательства сходимости, а также на основании сравнения полученных результатов функционирования прогнозных моделей с данными измерений с применением общепринятых критериев достоверности.

Значимость для науки полученных в диссертации результатов состоит в разработке новых методов, алгоритмов и прототипов программных средств для решения задач мониторинга и принятия обоснованных управленческих решений на основании предложенного комплекса прогнозных моделей отдельных систем и технологического участка магистрального нефтепровода. Работа имеет серию теоретических результатов в виде новых и усовершенствованных методов и алгоритмов, относящихся к классам непараметрических адаптивных и имитационных.

Среди пунктов научной новизны можно выделить следующие наиболее значимые:

- разработан новый метод прогноза выбега магистральных насосных агрегатов на базе адаптивных непараметрических моделей динамических систем, отличающийся возможностью применения в условиях априорной неопределенности и наличия погрешностей в данных измерений давления и расхода, позволяющий расширить инструментарий средств контроля в нефтепроводе при отключении насосных агрегатов;

- предложен новый метод прогнозирования технологических параметров трубопроводной сети на основе непараметрических моделей многосвязных систем, отличающийся от аналогичных использованием оценивания решения системы уравнений, составленной в соответствии с законами Кирхгофа, позволяющий повысить эффективность и скорость расчета технологических параметров;

- разработан новый интеллектуальный алгоритм диагностирования состояния датчиков давления линейной части магистрального нефтепровода, отличающийся использованием в нем гибридной модели распределения давления вдоль участка нефтепровода с возможностью учета как априорных сведений о характере распределения давления, так и вновь поступающих измерений, позволяющий осуществлять контроль, диагностику неисправностей и коррекцию погрешностей датчиков давления линейной части магистрального нефтепровода;

- предложен новый метод синтеза алгоритмического и программно-технического обеспечения для ускоренного прогнозирования распределенных технологических параметров (давление, расход, энергопотребление) в режиме реального времени при неустановившихся режимах работы магистрального нефтепровода, отличающийся составом и структурой применяемых алгоритмических и программных средств имитационного дискретного моделирования, и позволяющий

усовершенствовать процесс планирования технологических режимов магистрального нефтепровода, а также обеспечить поддержку принятия решений в составе комплекса систем диспетчерского контроля и управления.

Значимость для производства полученных результатов выражается в повышении безопасности эксплуатации нефтепроводов за счет применения новых алгоритмических и программно-технических средств мониторинга процессов в нефтепроводе, приводящему к расширению автоматизации производственных процессов. Применение прогнозных нестационарных моделей процессов течения нефти в системах контроля и прогноза позволяет получать уточненные данные об энергопотреблении насосных агрегатов с электроприводом. Вследствие этого у компаний, эксплуатирующих нефтепроводы, появляются расширенные средства планирования и экономии энергоресурсов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Результаты диссертации рекомендуются к использованию на предприятиях, эксплуатирующих магистральные нефтепроводы, в частности, принадлежащих структуре ПАО «Транснефть». В работе имеются акты о внедрении на АО «Транснефть – Западная Сибирь» и на некоторых предприятиях системы нефтепродуктообеспечения Красноярского края, что указывает на перспективы дальнейшего внедрения результатов работы. Необходимо отметить, что результатом работы является не работающая система, а лишь ее прототип, дополненный серией разработанных методов и алгоритмических инструментов. Следовательно, процедура полноценного внедрения должна предваряться этапом опытно-конструкторской работы с включением предложенных методов и алгоритмов в действующую структуру систем диспетчерского контроля и управления. Предложенные в диссертации методы и алгоритмы целесообразно использовать при технологическом обеспечении транспорта нефти для расчетных целей в отделе главного технолога и для создания перспективных программных инструментов, позволяющих предоставлять прогноз протекания процессов в переходных режимах диспетчерским службам. Результаты работы могут служить основанием для дальнейшего совершенствования технологий контроля процессов перекачки при эксплуатации магистральных нефтепроводов, а также соответствующей нормативной документации на предприятиях трубопроводного транспорта углеводородов.

В результате анализа текста диссертационной работы, ее положений, выводов и рекомендаций необходимо сделать следующие **замечания**:

1. В диссертации отсутствует подробный анализ метрологического обеспечения, применяемого при сборе данных о технологических параметрах магистрального нефтепровода.

2. В тексте диссертации не приведено сравнение полученных результатов, построения прогнозных моделей выбега насосных агрегатов с аналогичными, существующими ранее.

3. Анализ программных продуктов моделирования гидродинамических процессов в трубопроводе не содержит прямого сравнения их характеристик, вследствие чего неясен выбор соискателя в пользу пакета Matlab.

Выводы. Диссертация Агафонова Евгения Дмитриевича имеет внутреннее

единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области научной специальности «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий». Диссертация соответствует требованиям п.9 "Положения о присуждении учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Агафонов Евгений Дмитриевич, достоин присуждения учёной степени доктора технических наук.

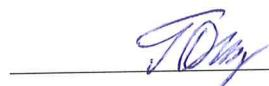
Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры "Проектирование и эксплуатация магистральных газонефтепроводов" 09.07.2019 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой «Проектирование и эксплуатация магистральных газонефтепроводов», д.т.н. по специальности 25.00.19 – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», профессор



Агинеи Руслан Викторович

Доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация магистральных газонефтепроводов», к.т.н. по специальности 25.00.19 – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»



Петров Сергей Владимирович

Подпись заверяю

специалиста по кадрам  *Петрова ОМ!*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ухтинский государственный технический университет», Институт геологии, нефтегазодобычи и трубопроводного транспорта, кафедра «Проектирование и эксплуатация магистральных газонефтепроводов», почтовый адрес: 169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.

Контактный телефон: +7 (8216) 77-44-33

E-mail: info@ugtu.net. Официальный сайт: www.ugtu.net

Исп. Петров Сергей Владимирович; +7 (821) 677-44-82; spetrov@ugtu.net