

ОТЗЫВ

официального оппонента Тяна Владимира Константиновича
на диссертацию **Агафонова Евгения Дмитриевича** «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»,
представленную на соискание учёной степени доктора технических наук

Актуальность темы диссертации определяется необходимостью решения важных проблем транспорта нефти по магистральным трубопроводам, для которых применение классических детерминированных методов модельного описания не приводит к удовлетворительным результатам. Магистральные нефтепроводы – уникальные технические объекты, имеющие стратегическую значимость и ключевую роль в экономической и политической жизни современной России и характеризующиеся многосвязностью, распределенностью в пространстве, наличием неучтенных факторов, влияющих на состояние процессов в нефтепроводе, нестационарностью характеристик нефти и оборудования. В этой ситуации эффективное управление нефтепроводом предполагает наличие иерархической и распределенной человеко-машинной систем управления, предназначенных в непрерывном времени решать задачи сбора информации о технологических параметрах, на основании их анализа оценивать текущее состояние процесса, осуществлять прогноз ситуации и генерировать обоснованные управляющие воздействия с целью поддержания стабильного и безопасного функционирования процесса перекачки и выполнения целевых показателей по объемам перекачки, расходу электроэнергии и так далее.

Совершенствование мониторинга перекачки нефти может осуществляться в нескольких направлениях: модернизации измерительных систем в составе комплексов измерения количества и качественных показателей нефти, диспетчерского контроля и управления, технического и коммерческого учета электроэнергии. Вместе с этим, анализ и принятие обоснованных решений невозможны без средств интерпретации измерений параметров состояния магистрального трубопровода, подготовки информации в системах автоматизированного управления, в том числе для лиц, принимающих решения.

Таким образом, магистральный трубопровод относится к сложным объектам и задача синтеза системы мониторинга прогноза и управления является по общепринятой терминологии трудной задачей, т. е. её постановка понятна, а алгоритмов решения нет. Отсюда следует научная проблема создания эффективных алгоритмических и программных средств прогнозирования неустановившихся процессов в распределенной системе в условиях неопределенности, позволяющих решать задачи обработки измерений в системе мониторинга магистрального нефтепровода. Разработанные математические модели, преимущественно принадлежащие классу непараметрических, автор применил для описания гидродинамических процессов и систем магистрального нефтепровода как объекта мониторинга и управления. Подход, предложенный автором, лежит в русле современных тенденций, направленных на использование адаптивных, интеллектуальных подходов к решению сложных задач.

Автором разработаны следующие новые методы и алгоритмы исследования распределенных магистральных трубопроводов систем:

- адаптивные непараметрические методы и алгоритмы прогноза состояния статических и динамических систем, которые нашли применение в решении задач построения прогнозных моделей процессов, протекающих в магистральном нефтепроводе; с точки

зрения развития теории и практического применения этот результат следует признать значимым;

- статистический метод оценивания характера распределения потоков в разветвленной гидравлической сети, являющийся альтернативой численного решения уравнений, составленных для узлов и независимых контуров сети. Метод позволяет учитывать случайную природу, неопределенность многосвязной системы, а также ускорять расчеты по сравнению с численными алгоритмами при решении системы нелинейных уравнений потокораспределения;

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

- метод синтеза математического обеспечения для построения динамической модели электрического нагревательного элемента, входящего в состав системы путевого электроподогрева нефти магистрального нефтепровода, отличающийся от существующих использованием линеаризованной модели динамических процессов в классе обобщенных операторов, позволяющий прогнозировать температуру нагревателя в условиях недостатка априорных сведений;

- 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;

- метод синтеза алгоритмического и программно-технического обеспечения для быстрого 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;

- 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;

- принцип построения гибридных алгоритмов коррекции погрешностей измерения давления соответствующими датчиками, расположенными на линейном участке магистрального нефтепровода. Учет линейности гидроуклона совместно с частными особенностями, влияющими на усредненные показания отдельных датчиков, позволяет дать уточненный прогноз и проводить диагностику возникновения неисправности отдельных датчиков давления;

- синтез имитационных моделей неустановившихся режимов магистрального нефтепровода, который осуществлен с применением программного обеспечения на базе имеющихся стандартных библиотек моделирования гидравлических процессов пакета

MATLAB. Учтена специфика магистрального нефтепровода, как объекта мониторинга, даны рекомендации по настройке параметров модели, исходя из комбинированной природы упругих явлений в трубопроводе и неопределенности количественных параметров, характеризующих эти явления;

- синтез кусочно-линейных моделей в классе непараметрических моделей динамических систем, позволяющих по-новому подойти к прогнозированию инерционных систем, таких как нагревательные системы, или потоки жидкости в трубопроводе.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректными аналитическими выкладками, результатами проведенных вычислительных экспериментов, верификацией построенных моделей с использованием измерений, предоставленных компанией, эксплуатирующей магистральный нефтепровод. Выбранные способы позволяют считать, что полученные автором результаты могут считаться достоверными и могут быть применены на практике для прогноза состояния отдельных систем магистрального нефтепровода и технологического участка нефтепровода в переходных режимах его работы.

Перечисленные результаты вносят вклад в теорию в части разработки новых и усовершенствованных методов и алгоритмов для обработки и анализа измерений технологических параметров нефтепровода. Практическая значимость работы заключается в синтезе алгоритмических и программных инструментов, позволяющих предоставить улучшенный функционал для потребителей – компаний, эксплуатирующих трубопроводы. Практическая значимость работы подтверждается актами о внедрении, приведенными в приложении А диссертации. Следует сделать вывод, что поставленные автором задачи решены, и цель, поставленная в работе, достигнута.

Диссертация содержит 312 с основного текста, приложения на 11 с, список литературы из 285 наименований. По теме диссертации автором опубликовано 42 работы, из них 15 – в рецензируемых изданиях по списку ВАК и 5 – в изданиях, индексируемых в системе SCOPUS, в которых материалы диссертации отражены достаточно полно.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания:

- 1) в работе нет информации о метрологических характеристиках датчиков, применяемых в магистральном нефтепроводе;
- 2) каковы методы повышения точности измерения в результате обработки информации;
- 3) неясно, как автор доказывает повышение безопасности нефтепровода в результате применения предложенных в работе средств мониторинга и прогноза.
- 4) в работе заявлено, что предложенные средства прогнозного моделирования неустановившихся процессов работают в режиме реального времени, однако, в тексте диссертации это должным образом не пояснено;
- 5) каким образом верифицируются прогнозные данные? Каково время верификации и как изменяется алгоритм обработки данных после верификации (в связи с возникшим запаздыванием)?

Общее заключение по диссертации:

Диссертация Агафонова Евгения Дмитриевича соответствует специальности «05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», 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 указанной научной специальности, а также смежных с ней отраслей науки.

