

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, доцента, заведующего кафедрой «Математического и компьютерного моделирования» ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» Блинкова Юрия Анатольевича на диссертационную работу Гудковой Екатерины Александровны «Моделирование и численное исследование процесса опарафинивания расходомерной трубки кориолисова расходомера», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность математического моделирования процесса опарафинивания расходомерной трубки кориолисового расходомера обусловлена необходимостью повышения точности измерений в промышленных условиях. В условиях низких температур на трубке расходомера образуется парафиновый слой, нарушающий работу устройства. Это приводит к изменению показателей плотности и расхода жидкости, что критично для нефтяной и газовой отраслей. Применение численных методов позволило прогнозировать динамику образования отложений и оценить их влияние на точность измерений параметров массового расхода. С помощью моделирования исследованы различные формы расходомерных трубок, что позволит оптимизировать конструкции расходомеров для измерения высопарафинистых нефтей. Полученные результаты позволят улучшить эксплуатационные характеристики и снизить затраты на обслуживание. Таким образом, тема исследования является актуальной.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА РАБОТЫ

Диссертация Гудковой Е.А. объемом 144 страницы состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и четырех приложений. Работа включает 5 таблиц и 47 рисунков. Список литературы состоит из 140 наименований. Диссертация представляет собой продуманную и логически обоснованную последовательность решений исследовательских

задач. Это позволило получить достоверные результаты и сделать обоснованные выводы, которые вносят вклад в развитие исследуемой области.

Автореферат в полной мере отражает сущность и результаты диссертационного исследования.

По теме диссертации опубликована 21 научная работа, из них: 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России по специальности 1.2.2; 1 статья в издании, индексируемом в SCOPUS; 1 статья в издании, рекомендованном ВАК Минобрнауки России по смежным научным специальностям; 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ; 10 публикаций в сборниках трудов конференций.

Во введении автор обосновывает целесообразность и актуальность темы исследования, формулирует цели и задачи работы, определяет объект и предмет исследования, а также указывает научную новизну и практическую значимость полученных результатов.

В первой главе проведен анализ теоретических основ исследуемой проблемы, обзор ключевых концепций и подходов, представленных в научной литературе. Также сформулированы методологические основы исследования. В результате выполнен синтез математической модели: трубка расходомера и отложения парафина описаны моделью линейной упругости; течение жидкости описано осредненными по Рейнольдсу уравнениями Навье – Стокса и уравнением неразрывности. Выполнены сопряжения компонентов системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость». В основу исследования положен метод конечных элементов. Обосновано применение итеративного подхода к численному решению уравнений математической модели.

Во второй главе автором предложено к уравнения давления добавить дополнительную оригинальную составляющую давления, вызванную кориолисовой силой. Это позволило применить метод математического моделирования опарафинивания трубопроводов к трубке кориолисова расходомера. Далее предложено исследовать равномерные и спрогнозированные неравномерные формы парафиновых отложений. Для этого разработана методика численного моделирования системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость». В результате сформирована трехмерная модель системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость» для проведения численных экспериментов.

В третьей главе представлен вычислительный алгоритм автоматизированного параметрического моделирования системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость». На его основе разработан и протестирован комплекс из трех программ. Он решает задачу оценки влияния характера опарафинивания расходомерной трубки кориолисова расходомера с учетом ее геометрии на точность измерения параметров массового расхода при различных характеристиках измеряемой жидкости. Внедрение комплекса упростило работу с интерфейсом прикладной программы для численного моделирования и позволило сократить время, затрачиваемое на обработку вычислительных результатов, на 20%.

В четвертой главе представлены результаты проведенных численных экспериментов. Проведен анализ частотных характеристик системы и влияние на них опарафинивания. Выполнено моделирование расходомерных трубок с различной геометрией и даны числовые оценки результатов. Проведено моделирование равномерного и неравномерного опарафинивания, выполнена оценка влияния на точность определения параметров массового расхода. Выявлены зависимости изменения собственной частоты системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость» и временной задержки с учетом влияния различных форм отложений парафина при неизменности их массы.

В заключении приводятся выводы по результатам исследования.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

К новым научным результатам, являющимися заслугой автора, можно отнести:

– Модифицированный метод математического моделирования опарафинивания трубопроводов для прогнозирования формы парафиновых отложений на внутренней поверхности расходомерной трубки.

– Методика численного моделирования системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость» с сопряжением отложений при различных конфигурациях расходомерной трубки.

– Вычислительный алгоритм для автоматизированного параметрического моделирования системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость», расчета и визуализации параметров массового расхода в зависимости от скорости потока, геометрии расходомерной трубки, толщины и формы парафиновых отложений.

– Зависимости совокупного изменения параметров массового расхода при различных профилях сечения отложений парафина.

СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ И ОБОСНОВАННОСТИ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ, РЕКОМЕНДАЦИЙ

Степень обоснованности изложенных результатов обеспечены синтезом наиболее значимых отечественных и зарубежных исследований в области математического моделирования и численного исследования работы кориолисова расходомера. Автор выполнял четкое обоснование всех утверждений, приведенных в диссертации.

Достоверность научных положений подтверждается строгой постановкой задач, верификацией модели без парафиновых отложений. Результаты исследования докладывались на научных конференциях и форумах различного уровня.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

По результатам рассмотрения диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Не приведены исследования сеточной сходимости для разработанной в COMSOL трехмерной модели системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость» (п.2.3).

2. Не представлено обоснование выбора свойств парафиновых отложений в плане их привязки к имеющимся месторождениям высокопарафинистых нефтей.

3. При описании оригинального алгоритма расчета средней временной задержки (п. 3.1) не приведены аналогичные решения других авторов или описание методов расчета временной задержки, применяемые в работающих на практике кориолисовых расходомерах.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация «Моделирование и численное исследование процесса опарафинивания расходомерной трубки кориолисова расходомера»

представляет законченную научно-квалификационную работу. В ней содержится новое решение актуальной научной задачи по учету парафиновых отложений и исследованию влияния их формы на точность измерения параметров расхода.

Тема диссертации, ее содержание и результаты соответствуют паспорту научной специальности 1.2.2. (пункты 3, 8, 9).

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждении ученых степеней, утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года (в актуальной редакции).

Автор работы, Гудкова Екатерина Александровна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Официальный оппонент

д.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой
«Математического и компьютерного
моделирования»

Блинков Юрий Анатольевич

11.10.2024

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук защищена по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»,
410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83
+7 (8452) 51-84-80, BlinkovUA@sgu.ru

