

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Тепловая и топливная энергетика» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» Ковального Владислава Николаевича 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)

Доля месторождений с легкой нефтью и объемы её добычи все больше вытесняются тяжелой нефтью, которая содержит большое количество парафинов, асфальтенов и прочих тяжелых соединений. Перекачка и измерение массового расхода тяжелых нефтей сопряжены с отложениями парафинов на поверхностях трубопроводов и измерительной аппаратуры. Это приводит к сужению поперечного сечения трубопровода и вносит систематическую погрешность при измерениях расхода. Для измерения массового расхода нефтей все чаще применяют кориолисовы расходомеры. Отложение парафинов на стенках расходомерной трубки кориолисова расходомера вызывает искажения при расчете скорости прокачки измеряемой нефти и ее плотности.

Существующие решения в нефтегазовой отрасли направлены на уменьшение осаждения парафинов на стенки и никак не связаны с оценкой влияния отложившихся веществ на точность работы измерительных приборов. Актуальность данной работы заключается в оценке влияния толщины и формы парафиновых отложений на точность определения параметров массового расхода. Для этого автором используется математическое моделирование.

Диссертационная работа Гудковой Екатерины Александровны состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (140 источников), содержит 47 рисунков, 5 таблиц, 4 приложения. Общий объем диссертации составляет 144 страницы.

В первой главе выполнено математическое описание модели и определены численные методы решения задач, для этого автором проведены анализ физической природы моделируемого явления и факторов, влияющих на точность измерения параметров массового расхода жидкости в кориолисовом расходомере, исследование методов математического моделирования системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость».

Во второй главе описан модифицированный метод математического моделирования опарафинивания трубопроводов, выполнена разработка методики численного моделирования системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость», в рамках реализации которой разработана трехмерная модель системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость» в среде COMSOL. На основании предложенной методики в пакете численного моделирования реализованы исследование собственных частот системы, вычислительная гидродинамика, взаимодействие расходомерной трубки и парафина, а также взаимодействия жидкости и расходомерной трубки с парафином.

В третьей главе разработаны вычислительный алгоритм, выполняющий автоматизированное параметрическое моделирование системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость» с применением спрогнозированной формы парафиновых отложений, позволяющий так же выполнять расчет средней временной задержки сигналов, а также программный комплекс для моделирования и численного исследования процесса опарафинивания расходомерной трубки кориолисова расходомера, позволяющий выполнить численные эксперименты, обработку результатов и их визуализацию.

В четвертой главе выполнены моделирование и анализ системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость» с использованием предложенных автором алгоритмов и программ, в частности анализ собственных частот, моделирование течения жидкости, моделирование колебаний расходомерной трубки с протекающей жидкостью, исследование геометрии расходомерной трубки, исследование равномерного и неравномерного опарафинивания расходомерной трубки.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

В приложениях приведены скриншоты с результатами вычислительных экспериментов, свидетельства о регистрации программ и акты внедрения результатов работы.

Научная новизна работы заключается в достижении следующих результатов:

– предложена модификация метода математического моделирования опарафинивания трубопроводов, отличающаяся учетом неравномерного гидродинамического давления по сечению расходомерной трубки, вызванного наличием силы Кориолиса в протекающей жидкости, что дает возможность спрогнозировать форму парафиновых отложений на внутренней поверхности расходомерной трубки.

– предложена методика численного моделирования системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость», реализованная в виде комплекса алгоритмов, отличающаяся автоматическим перестроением геометрии расходомерной трубки в зависимости от значения радиуса кривизны и учетом сопряжения парафиновых отложений с расходомерной трубкой, передающего колебания от трубки к жидкости и получающего ответные воздействия, вызванные силой Кориолиса.

– на основании предложенной методики разработан вычислительный алгоритм автоматизированного параметрического моделирования системы «расходомерная трубка – парафин – жидкость», являющийся основой взаимодействия программ комплекса, отличающийся применением спрогнозированной формы парафиновых отложений.

– с использованием разработанного комплекса программ получены в результате вычислительных экспериментов зависимости совокупного изменения параметров массового расхода при различных профилях сечения отложений парафина, отличающиеся тем, что учитывают влияние формы отложений (при неизменности их массы) на точность измерения параметров расхода.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в том, что модифицированный метод позволяет учесть влияние Кориолисовой силы в процессе опарафинивания трубки. Разработанные для реализации метода методика численного моделирования и вычислительный алгоритм выполняют оценку влияния характеристик потока жидкости, толщины и формы парафиновых отложений, конфигурации расходомерной трубки на точность определения параметров массового расхода. Полученные результаты позволяют повысить точность и достоверность моделирования процесса опарафинивания в кориолисовых расходомерах

Практическая значимость состоит в создании оригинального проблемно-ориентированного программного комплекса и проведении с его использованием исследований, позволивших количественно оценить влияние толщины и формы парафиновых отложений на точность определения параметров массового расхода.

Достоверность и обоснованность результатов работы

По теме диссертации автором опубликована 21 статья, из которых 5 статей опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России по специальности 1.2.2; 1 статья в издании, индексируемом в SCOPUS; 1 статья в издании, рекомендованном ВАК при Минобрнауки России по смежным научным специальностям. Автором получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

По диссертации соискателя имеются следующие **комментарии и замечания:**

1. В диссертации отсутствует отдельный раздел с обзором и анализом современного состояния исследований по теме диссертации и обоснованием мотивации, цели и задач предпринятых исследований.

2. В разделе 1.2.1 представлено влияние пульсации потока, но отсутствуют численные оценки этого процесса на точностные параметры расходомера. Не указано оказывают ли пульсации потока влияние на парафиновые отложения.

3. В разделе 2.1 отсутствует обоснование выбора метода, на основании которого разработан оригинальный модифицированный метод. Это не позволяет оценить возможность использования других методов/моделей парафиноотложения на стенках трубопроводов.

4. В разделе 3.1 приведен вычислительный алгоритм для расчета средней временной задержки сигналов, но при этом отсутствует сравнение с уже используемыми методами, применяемыми в кориолисовых расходомерах.

5. В разделе 4.2 представлены эксперименты течения жидкости, в частности на рисунке 4.7 приведен график распределения давления. Но в работе данная неравномерность распределения давления не рассматривается как фактор, влияющий на неравномерность опарафинивания кориолисова расходомера в процессе его эксплуатации.

6. В разделе 4 в явном виде не представлено сопоставление полученных результатов с результатами других авторов, говорится лишь (см. с. 91, 95, 106), что результаты моделирования соответствуют другим исследованиям.

7. В тексте раздела 4 не представлены в явном виде практические рекомендации для нефтегазовой отрасли по снижению погрешности измерения кориолисова расходомера, указанные в выводе 6 по разделу.

Перечисленные замечания не снижают ценности диссертационной работы и не повлияли на её положительную оценку в целом.

Диссертация Гудковой Екатерины Александровны «Моделирование и численное исследование процесса опарафинивания расходомерной трубки кориолисова расходомера» является завершённой научно-квалификационной работой. Представленные в работе результаты являются новыми, с теоретическим и практическим применением. В научных статьях Гудковой Е.А. и автореферате в полной мере изложено содержание диссертационной работы. Тематика и результаты выполненных в диссертации исследований соответствуют п. 3, п. 8, п. 9 паспорта

специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Таким образом, диссертационная работа Гудковой Е.А. «Моделирование и численное исследование процесса опарафинивания расходомерной трубки кориолисова расходомера» отвечает требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года (в актуальной редакции), а ее автор, Гудкова Екатерина Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

«22» октября 2024 года

Официальный оппонент,
Ковальногов Владислав Николаевич,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Тепловая и
топливная энергетика» ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный технический университет»,
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, кор. 6.
Тел: +7 (8422) 77-81-06, email: kvn@ulstu.ru
Шифр научной специальности защиты
докторской диссертации – 05.03.01 «Технология и
оборудование механической и физико-технической
обработки», 05.02.08 «Технология машиностроения»

 Ковальногов Владислав Николаевич

Подпись Ковальногова В.Н. удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
технический университет»



 Фалова Оксана Евгеньевна