

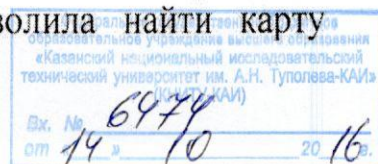
ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Баянова Рината Ильмировича «Численное моделирование динамики парогазокапельных потоков на основе водяного пара и на основе метана в технологических процессах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

В настоящее время в ряде технологических процессов и во многих технических установках присутствуют парогазокапельные смеси. Примером такого присутствия является один из традиционных методов уменьшения удельного объема газообразного топлива для хранения – это сжижение; для этого процесса после доставки к потребителю требуется проведение обратного, необходимого для сжигания газообразного состояния, превращения, т.е. газификация. Данный технологический процесс сопровождается фазовыми превращениями, которые реализуются в потоке с целью достижения высокой производительности установки газификатора.

Для теоретического описания движения парогазокапельных смесей необходимы схематизация и математические модели. Основная проблема при этом заключается в построении замкнутой системы уравнений движения смеси при заданных физико-химических свойствах каждой фазы в отдельности и заданной исходной структуре смеси. Для правильного построения и замыкания моделей таких многофазных сред необходимо понимание и количественное описание механических и физико-химических процессов около отдельных включений (капель, частиц, пузырей и т.д.) и межфазных поверхностей. Т.е. при движении рассматриваемых многофазных смесей существенным образом проявляются эффекты структуры фаз и ее изменения, эффекты межфазного взаимодействия и, в результате, число возможных процессов, которые должны быть отражены в уравнениях, многократно расширяется. Поэтому очень важно описать в едином виде возможные способы учета ряда основных эффектов, привлекая, где это можно, данные теоретического анализа, а где необходимо – данные экспериментов, эмпирические соотношения и параметры. В этой связи диссертационная работа Баянова Р.И. является значительным шагом в исследовании таких проблем механики парогазокапельных систем и, несомненно, актуальна в свете развития новых подходов к решению поставленных задач.

Новизна и научная значимость. Задачи, представленные в диссертации, относятся к области исследования механики многофазных сред, в которой достаточно хорошо развиты методы аналитического и численного решения. Но виды течений, рассматриваемых в данной работе, имеют особенности, которые требуют дальнейшего развития моделей и подходов к решению. В частности, относительно простая схема равновесного фазового перехода, модифицированная в данной работе, позволила найти карту



режимов колебаний парогазокапельной системы в закрытом объеме при акустическом воздействии без привлечения сложных моделей столкновения частиц. Модификация известной схемы проведена путем нахождения точки равновесия между паром и жидкостью в каждой точке расчетной области в данный момент времени на основе решения системы трех уравнений фазового равновесия.

Еще одним важным результатом работы является эффективный и высокопроизводительный способ нелинейного акустического воздействия на полидисперсную газовзвесь в потоке для ее подготовки к сепарации. Используя модель коагуляции Смолуховского, автору удалось вычислить характерные времена укрупнения капель за счет слияния мелких фракций, которые подтверждают возможность реализовать данный процесс в технологической цепи газификатора.

Одним из эффективных способов газификации криогенной жидкости является адиабатическое расширение в каналах переменного сечения, в частности, в соплах Лавалья. Решение такого рода задач требует построения расчетной сетки в криволинейной системе координат, адаптированной к форме канала. Кроме того, задача усложняется использованием схемы неравновесного фазового перехода, необходимого для адекватного описания быстропотекающих процессов в парокапельном потоке.

Несмотря на использование достаточно сложных математических моделей тепломассообменных процессов, а также, криволинейной расчетной сетки, численное решение построенных систем дифференциальных уравнений позволило автору установить общие закономерности газификации и охлаждения потока метана.

Из вышесказанного следует новизна и научная значимость диссертационной работы Баянова Р.И., а также соответствие паспорту специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Обоснованность и достоверность результатов работы следует из корректной постановки задач, применения при разработке математических моделей фундаментальных уравнений механики многофазных сред, получения решений, не противоречащих общим термодинамическим представлениям и находящимся в соответствии с результатами, полученными другими исследователями, а также согласования результатов расчетов по предложенной математической модели с известными из литературы экспериментальными данными.

К наиболее интересным результатам с точки зрения практического применения следует отнести найденные значения характерных времен установления режима парокапельного потока, близкого к стационарному, а также, диапазона перепада давления и значений температуры потока на входе в канал, при которых наблюдается образование капель на выходе. И что наиболее важно, проведено сравнение результатов расчетов с данными известных в научной литературе экспериментов, которое подтверждает адекватность реализованных моделей.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы к использованию в Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, ООО «ТюменНИИгипрогаз», Казанском национальном исследовательском техническом университете им. А.Н. Туполева, Институте механики и машиностроения КазНЦ РАН, Санкт-Петербургском государственном университете гражданской авиации, Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН и в других научно-исследовательских образовательных и проектных учреждениях, занимающихся вопросами проработки и создания технологий, основанных на фазовых переходах в парогазокапельных системах.

В качестве **замечаний** хотелось бы высказать следующее:

1. Одной из целей диссертационной работы являлось численное исследование режимов течения двухфазной смеси при воздействии на поток нелинейного волнового поля применительно к задачам регазификации. Поэтому было бы полезно обработать результаты довольно сложных и трудоемких расчетов в виде аппроксимаций, более пригодных для практического применения.

2. В первой главе диссертации приводится описание движения парогазокапельных смесей с учетом размеров и концентраций жидких капель в потоке. При этом не обсуждается вопрос о влиянии наличия в потоке мелких (~ 1 мкм) капель на интенсивность фазовых переходов (конденсация или испарение). Ведь скорость испарения мелких капель лимитируется не процессом диффузионного ухода испаренных молекул, а скоростью испускания молекул с поверхности. В этом режиме наблюдается сильное влияние процесса фазовых переходов от скорости испарения капли, которая существенным образом зависит от параметров потока, в частности, относительных скоростей фаз. Автору следовало бы привести соответствующие оценки.

3. В уравнениях неразрывности для газа и капель присутствуют коэффициент динамической вязкости и число Шмидта. Из текста диссертации не понятно, относятся эти параметры ко всей парогазокапельной смеси или они записаны для каждой отдельной компоненты. Также в работе полезно было бы привести значения данных параметров.

4. Диссертация не свободна от опечаток, орфографических и стилистических погрешностей (например, формула (1.8) содержит опечатку: нет знака производной). На стр. 74 представлено описание рис.3, который в диссертации отсутствует. Рисунки 1.2, 2.3 и 2.6 приведены до их первого упоминания в тексте диссертации.

Сделанные замечания не влияют на общую оценку работы, которая заключается в следующем.

Диссертационная работа Баянова Р.И. выполнена на высоком научном уровне. Список публикаций, приведенный в автореферате диссертационной работы, указывает на проработку всего круга поставленных перед соискателем задач. Текст автореферата в полной мере отражает содержание всего объема результатов исследований. Материалы диссертационной работы

докладывались на международных и российских научных конференциях, опубликованы в научных статьях, в том числе в рецензируемых научных журналах, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Материалы диссертации характеризуют автора как сложившегося исследователя, владеющего современными научными методами.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Баянова Рината Ильмировича «Численное моделирование динамики парогазокапельных потоков на основе водяного пара и на основе метана в технологических процессах» является законченной научно-квалификационной работой и по своим квалификационным признакам соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Баянов Ринат Ильмирович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент,
главный научный сотрудник – заместитель
директора Тюменского филиала Института
теоретической и прикладной механики
им. С.А. Христиановича СО РАН по научной работе,
доктор физико-математических наук
(специальность 01.02.05 – механика
жидкости, газа и плазмы), доцент



Мусакаев Наиль Габсалимович

10.10.2016

Адрес: РФ, 625026, г.Тюмень, а/я 1507, ТюмФ ИТПМ СО РАН,
e-mail: timms@tmn.ru, тел. (3452) 682745

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертационной работе Баянова Рината Ильмировича на тему: «Численное моделирование динамики парогазокапельных потоков на основе водяного пара и на основе метана в технологических процессах» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы»

№	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, ученое звание	Сведения о работе		Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (но не более 15 публикаций)
			Полное наименование организации, почтовый адрес (индекс, город, улица, дом), телефон, адрес электронной почты	Должность с указанием структурного подразделения	
1	2	3	4	5	6
1	Мусакаев Наиль Габсалямovich	Доктор физико-математических наук, доцент	Тюменский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, 625026, г. Тюмень, а/я 1507, ТюмФ ИТПМ СО РАН	главный научный сотрудник – зам. директора ТюмФ ИТПМ СО РАН по научной работе	<p>1. Shagapov V.Sh., Urazov R.R., Musakaev N.G. Dynamics of formation and dissociation of gas hydrates in pipelines at the various modes of gas transportation // Heat and Mass Transfer. – 2012. – Vol.48, No.9. – Pp.1589-1600.</p> <p>2. Мусакаев Н.Г., Бородин С.Л., Романюк С.Н. Численное исследование процесса протаивания многолетних мерзлых пород при работе добывающей скважины с установкой электроцентробежных насосов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: математика, механика, информатика. – 2013. – Т.13, Вып.2. – С.15-20.</p> <p>3. Мусакаев Н.Г., Горелик Я.Б., Романюк С.Н. Аналитическое решение задачи теплового воздействия факела на многолетнемерзлые породы // Известия вузов. Нефть и газ. – 2013. – №5. – С.124-128.</p> <p>4. Мусакаев Н.Г., Хасанов М.К. Математическое моделирование процесса добычи газа из газогидратной залежи с учетом образования льда // Вестник Тюменского государственного университета. – 2014. – №7. – С.43-50.</p>

1	2	3	4	5	6
					<p>5. Мусакаев Н.Г., Хасанов М.К. Математическое моделирование процесса нагнетания углекислого газа в насыщенный метаном и его гидратом пласт // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2015. – Т.1, №3(3). – С.102-111.</p> <p>6. Shagapov V.Sh., Musakaev N.G., Khasanov M.K. Formation of gas hydrates in a porous medium during an injection of cold gas // Int. J. of Heat and Mass Transfer. – 2015. – Vol. 84. – Pp.1030-1039.</p> <p>7. Musakaev N.G., Borodin S.L. Mathematical model of the two-phase flow in a vertical well with an electric centrifugal pump located in the permafrost region // Heat and Mass Transfer. – 2016. – Vol.52, No.5. – Pp.981-991.</p> <p>8. Мусакаев Н.Г., Бородин С.Л., Хасанов М.К. Оценка возможности образования гидрата в пласте при добыче газа для условий Южно-Русского газового месторождения // Известия вузов. Нефть и газ. – 2016. – № 3. – С.93-98.</p>



/Мусакаев Н.Г./

10.10.2016

подпись Н.Г. Мусакаева
 заверяю: _____



Р.И. Кошкина