

## ОТЗЫВ

на автореферат Баянова Рината Ильмировича

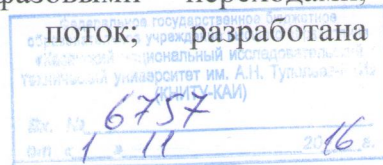
«Численное моделирование динамики парогазокапельных потоков на основе водяного пара и на основе метана в технологических процессах» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

В настоящее время подготовка сжиженного природного газа к использованию требует разработки регазификации для доставки конечным потребителям, таким как объекты коммунального хозяйства, энергетические и транспортные системы. Важным условием использования сжиженного природного газа на транспорте является малая инерционность процесса перевода метана, из которого состоит природный газ, из жидкого состояния в газообразное. Существенной характеристикой является уровень потерь, связанных с испарением сжиженного газа в криостатических емкостях в процессе транспортировки и хранения. В связи с этим возникает необходимость в разработке методов моделирования технологий регазификации, позволяющих одновременно с газификацией, охлаждать сжиженный природный газ в емкости-хранилище, снижая интенсивность испарения и потери метана при хранении и транспортировке.

Проектирование технологии газификации криогенных топлив основаны на адиабатическом расширении потоков в каналах переменного сечения. В качестве парогенератора в устройствах, реализующих такой процесс, используются сопла Лаваля, в которых происходит переход от течения капельной жидкости в конфузоре к течению вскипающей жидкости в окрестности минимального сечения сопла и переход к парокапельному течению в следствии инверсии структуры потока. Затем осуществляется разделение несущей и дисперсной фазы в инерционном сепараторе. Несущая среда – газообразный метан отделяется от дисперсной фазы и направляется в теплообменник-нагреватель, где температура газа повышается до значения, необходимого для работы энергетической установки. Дисперсная фаза, состоящая из капель метана и из твердых частиц, образующихся в случае снижения температуры потока ниже температуры тройной точки, направляется в емкость-хранилище. Поскольку температура дисперсной фазы ниже температуры метана в хранилище, то при перемешивании достигается охлаждение, а в следствие снижение интенсивности испарения и связанных с испарением потерь. Все эти процессы требуют детальных исследований.

Таким образом, построение теоретической модели поведения парогазокапельной среды в каналах переменного сечения с использованием моделей равновесного и неравновесного фазового перехода и исследование на основе этой модели режимов течения двухфазной парокапельной смеси при воздействии на поток нелинейного волнового поля является актуальным.

Научная новизна исследований диссертанта заключается в следующем: построена новая модификация схемы равновесного фазового перехода, позволяющая описать взаимодействие фаз в широком диапазоне скоростей потока; разработана математическая модель и получены численные решения задачи динамики водяной парогазокапельной смеси с фазовыми переходами, инициированными акустическим воздействием на





математическая модель и получены решения задачи динамики паракапельной смеси метана в канале переменного сечения на основе схемы равновесного и неравновесного фазового перехода.

Полученные результаты диссертанта имеют широкий спектр практических приложений и могут быть использованы при разработке теоретических основ технологий, основанных на фазовых переходах в парогазокапельных системах: в технологиях газификации криогенных топлив на основе сжиженного природного газа и на основе водорода, в технологиях очистки и опреснения воды, в энергомашиностроении.

В работе следовало показать условия возникновения опасных колебательных процессов в парогазокапельных потоках.

Отмеченный недостаток не влияет на общую положительную оценку диссертационного исследования. Автореферат свидетельствует, что соискателю удалось построить новую модификацию схемы равновесного фазового перехода, позволяющую описать взаимодействие фаз в широком диапазоне скоростей потока. Результирующие выводы и практические рекомендации представляют реальную ценность для современной науки. На основании изложенного считаем, что Баянов Ринат Ильмирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Д.т.н., доцент,  
профессор кафедры Механики  
композиционных материалов и  
конструкций,  
Директор Центра  
высокопроизводительных  
вычислительных систем

Модорский Владимир  
Яковлевич

«24» октября 2016 г.

614990, г.Пермь, Комсомольский пр. 29, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Центр высокопроизводительных вычислительных систем, ауд. 116, корп.Д, 83422391386, modorskiy@psni.ru



Подпись В.Я. Модорского удостоверяю  
Ученый секретарь ПНИПУ к.т.н., доцент Макаревич Владимир Иванович

24 октября 2016 г.