

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Османовой Баджиханум Камильевны «Термодинамические свойства бинарных систем вода–алифатический спирт в суб - и сверхкритическом состояниях», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14. – Теплофизика и теоретическая теплотехника

На оппонирование представлены:

- диссертация на 272 страницах с приложениями;
- автореферат диссертации объемом 1,35 п.л.;
- сведения о 11 научных работах.

Достоверные данные по свойствам технически важных смесей, необходимы для развития молекулярной теории растворов, моделирования потенциалов взаимодействия полярных жидкостей, разработки единого уравнения состояния жидкость-пар и т.д. Поэтому диссертационная работа Османовой Б.К., посвященная изучению термодинамических свойств смесей вода–алифатический спирт в широком диапазоне параметров состояния, включающем субкритическую, критическую и сверхкритическую области, является актуальной.

Смеси вода–алифатический спирт с успехом применяются в различных отраслях химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности. Например, водно-спиртовые смеси в экстремальных условиях могут быть использованы в качестве экстрагентов и растворителей различных промышленных отходов. Кроме этого, знание параметров фазовых превращений жидкость-пар и критического состояния систем вода–алифатический спирт в зависимости от количественного соотношения компонентов необходимо для разработки рабочих тел преобразователей тепловой энергии в электрическую. Преимущество смесевых рабочих тел по сравнению с индивидуальными состоит в возможности изменения их критических параметров путем изменения состава в соответствии с температурой источника тепла, а также унифицировать тепломеханическое оборудование, рассчитанное на источники тепла с различными температурами.

Автор справедливо отмечает, что большинство исследований термодинамических свойств смесей вода–спирт проведены в ограниченном температурном интервале (до 573 К) и практически не касались области, примыкающей к критической точке. Имеющиеся результаты исследований этого класса

жидких систем в критической области весьма ограничены и плохо согласуются между собой.

Поэтому подробное исследование p, ρ, T, x -зависимостей смесей вода–спирт и выявление особенностей их термодинамического поведения в различных агрегатных состояниях, представляется весьма актуальными и обоснованными.

В связи с этим автором диссертационной работы были определены и решены следующие задачи:

1) Методом сжимаемости, с использованием безбалластного пьезометра постоянного объёма, получены значения плотности для смесей вода–спирт (метанол, этанол, 1-пропанол) на линии насыщения, околокритической и сверхкритической области параметров состояния;

2) По изломам (изгибам) изохор фазовой диаграммы в p, T -координатах определены значения параметров фазовых превращений ЖП→Ж и ЖП→П, и графоаналитическим методом с использованием степенного закона оценены значения параметров критического состояния систем, на основе которых получены их критические линии;

3) Экспериментальные p, ρ, T, x -зависимости описаны известными кубическими и полиномиальными уравнениями состояния и выбрано оптимальное уравнение состояния – разложение фактора сжимаемости Z по степеням приведённых плотности, температуры и состава систем;

4) Рассчитаны дифференциальные и интегральные термодинамические свойства исследованных систем;

5) Проведён сравнительный расчет цикла Ренкина на воде и на смеси вода–1-пропанол и сделан вывод об оптимальном составе смеси, при котором эффективный КПД паротурбинной установки может быть повышен.

Содержание диссертации изложено на 272 страницах. Состоит из введения, пяти глав, заключения, список литературы (151 наименование), приложения, содержит 109 иллюстрации и 19 таблиц.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации. Сформулированы цель работы и задачи исследования, отмечена практическая значимость и научная новизна, перечислен перечень выносимых на защиту результатов. Приведены данные об объёме и структуре диссертации.

В **первой главе** проведён анализ литературных данных по термодинамическим свойствам воды, алифатических спиртов (метанола, этанола и 1-пропанола) и их смесей. Приведён обзор работ по описанию термодинамических свойств индивидуальных веществ и смесей разными уравнениями состояния. Сделан вывод о недостаточности исследований термодинамических

свойств систем вода–спирт в околокритическом и сверхкритическом состояниях. Обоснована необходимость проведения p, ρ, T, x -измерений в широком диапазоне параметров состояния.

Во **второй главе** представлено подробное описание экспериментальной установки и методики проведения измерений p, ρ, T, x -свойств водно–спиртовых смесей с помощью безбалластного пьезометра постоянного объёма. Приведены данные о погрешностях измеряемых и определяемых параметров.

В **третьей главе** приводятся результаты p, ρ, T, x -измерений систем вода–алифатический спирт в широком диапазоне параметров состояния и значения рассчитанных величин избыточных и парциальных молярных объемов, представленные диаграммами и таблицами.

В **четвёртой главе** представлены результаты описания экспериментальных p, ρ, T, x -зависимостей смесей вода–алифатический спирт на линии насыщения, в однофазной (жидкой и паровой), околокритической и сверхкритической областях уравнениями состояния различной структуры, широко используемыми для инженерных расчетов. Сделан вывод о том, что зависимость давления одновременно, как от температуры, так и от плотности, лучше остальных описывает уравнение состояния в виде разложения фактора сжимаемости в ряды по степеням плотности и температуры.

В **пятой главе** приведены результаты расчета основных термодинамических свойств смесей вода–спирт в широком диапазоне параметров состояния. Здесь же проведён расчёт цикла Ренкина на воде и на смеси вода–1-пропанол и выявлено, что для смеси состава $x=0.2$ мольные доли 1-пропанола эффективный КПД паротурбинной установки повышается более чем на 3%.

В **заключении** представлены выводы выносимые на защиту.

В **приложении** приведены таблицы рассчитанных термодинамических свойств исследованных смесей на линии насыщения, в однофазной (жидкой и паровой), околокритической и сверхкритической областях.

Достоверность полученных автором результатов исследования подтверждается как фундаментальностью используемых физических принципов и математического аппарата, так и их согласованностью с имеющимися экспериментальными данными другими авторами для подобных жидких систем.

Замечания

1. Использованное автором для описания термодинамических свойств смесей уравнение состояния основано на экспериментальных значениях фактора сжимаемости Z . Однако в диссертации отсутствует графическое представление этой безразмерной величины – двухмер-

ные и трёхмерные диаграммы, которые усилили бы содержание диссертации.

2. В работе отсутствует методика определения значений параметров фазовых превращений и критического состояния исследованных систем.
3. Для более объективной оценки полученных экспериментальных данных и разработанного трехпараметрического уравнения состояния (18) следовало бы провести расчеты и сравнение с уравнения состояния для бинарных смесей (метанол-вода и этанол-вода), имеющихся в базе REFPROP 10.0. Указанные уравнения базируются на известной модели GERG-2008 и характеризуются высокой точностью описания термодинамических свойств.
4. В диссертации применительно к, разработанным автором, уравнениям состояния производится анализ термической поверхности состояния. Полезным было бы провести анализ поверхности состояния и для калорических свойств – теплоёмкостей и скорости звука.

Высказанные замечания ни в коей мере не ставят под сомнение результаты, полученные автором.

Основные результаты диссертации, в полной мере представлены в научной печати в изданиях, рекомендованных списком ВАК, и неоднократно обсуждались на многочисленных научных конференциях разного уровня.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положением, диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, в части пункта 1 - экспериментальные исследования термодинамических и переносных свойств чистых веществ и их смесей в широкой области параметров состояния, в части пункта 2 - аналитические и численные исследования теплофизических свойств веществ в различных агрегатных состояниях, в части пункта 3 - исследование термодинамических процессов и циклов применительно к установкам производства и преобразования энергии.

Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Османовой Баджиханум Камильевны на тему «Термодинамические свойства бинарных систем вода–алифатический спирт в суб- и сверхкритическом состояниях», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершённой научно-

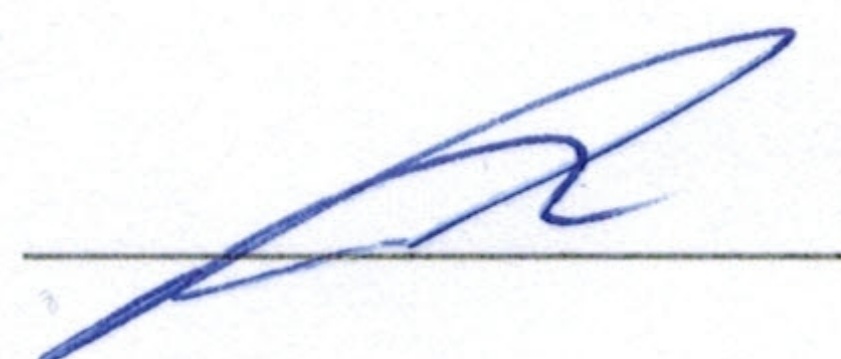
квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, и имеет важное практическое значение.

Диссертация полностью соответствует требованиям п.п. 9-14, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно «Положению о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. с актуальными на настоящий момент изменениями).

Считаю, что автор диссертаций Османова Баджиханум Камильевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Я, Александров Игорь Станиславович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Османовой Баджиханум Камильевны (соискателя), и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент Александров Игорь Станиславович, доктор технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника», доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет»



И.С. Александров

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 236022, Северо-Западный федеральный округ, Калининградская обл., г. Калининград, Советский проспект, д. 1.

Тел. 8(4012)564813, 89097800995

Сайт: <http://www.klgtu.ru/>

E-mail: igor.aleksandrov@klgtu.ru

Подпись Александрова Игоря Станиславовича удостоверяю.

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «КГТУ»,
к.ф.-м.н., доцент



Н. А. Кострикова

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертационной работе Османовой Баджиханум Камильевны на тему: «Термодинамические свойства бинарных систем вода–алифатический спирт в суб- и сверхкритическом состоянии» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

№	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, ученое звание	Сведения о работе			Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет - для кандидатской и за 10 лет – для докторской (но не более 15 публикаций)
			Полное наименование организации, почтовый адрес (индекс, город, улица, дом), телефон, адрес электронной почты	Должность с указанием структурного подразделения		
1		3	4	5	6	
1	Александров Игорь Станиславович, Дата рождения: 09.06.1979	доктор технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника», доцент	Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 236022, Северозападный федеральный округ, Калининградская обл., г. Калининград, Советский проспект, д. 1. Тел. 8(4012)564813, 89097800995 Сайт: http://www.klgtu.ru/ E-mail: ig-or.aleksandrov@klgtu.ru	заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции		1. Gerasimov A. Modeling and calculation of thermodynamic properties and phase equilibria of oil and gas condensate fractions based on two generalized multiparameter equations of state / A. Gerasimov, I. Alexandrov, B. Grigoriev // Fluid Phase Equilibria. – 2016. – V.418. – P. 204-223. 2. Grigoriev B. Generalized equation of state for the cyclic hydrocarbons over a temperature range from the triple point to 700 K with pressures up to 100 MPa / B. Grigoriev, I. Alexandrov, A. Gerasimov // Fluid Phase Equilibria. – 2016. – V.418. – P. 15-36. 3. Grigoriev B. Application of multiparameter fundamental equations of state to predict the thermodynamic properties and phase equilibria of technological oil fractions/ B. Grigoriev, I. Alexandrov, A. Gerasimov // Fuel. – 2018. – V.215. – P. 80-89.

					<p>4. Александров И.С. Новое фундаментальное уравнение состояния нормального пентана / И.С. Александров, А.А. Герасимов, Григорьев Б.А.// Сборник научных статей. Актуальные вопросы исследования пластовых систем месторождений углеводородов / М.- «Газпром ВНИИГАЗ», 2016. - № 4 (28). - С. 87-95.</p> <p>5. Герасимов А.А. Новое фундаментальное уравнение состояния нормального гексана / А.А. Герасимов, И.С. Александров, Б.А. Григорьев// Научно-технический сборник – Вести газовой науки. Актуальные проблемы добычи газа / М.- «Газпром ВНИИГАЗ», 2018. - № 1 (33). - С. 117-128.</p> <p>6. Григорьев Б.А. Моделирование термодинамических свойств и фазовых равновесий нефтяных и газоконденсатных систем на основе PC-SAFT уравнения состояния / Б.А. Григорьев, И.С. Александров, А.А. Герасимов// Газовая промышленность. – 2018. - № 6(769). – С 52-57.</p> <p>7. Александров И.С. Фундаментальное уравнение состояния бромбензола / И.С. Александров, А.А. Герасимов, Б. А. Григорьев, // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2018. – № 3. – С.57-64.</p> <p>8. Григорьев Б.А. Особенности фазового поведения углеводородных смесей с низким конденсатным фактором/ Б.А. Григорьев, В.Н. Сокотушенко, И.С. Александров// Научно-технический сбор-</p>
--	--	--	--	--	---

					<p>ник – Вести газовой науки. Современные подходы и перспективные технологии в проектах освоения нефтегазовых месторождений российского шельфа/ М.- «Газпром ВНИИГАЗ», 2018. - № 4 (36). - С. 225-236.</p> <p>9. Александров И.С. Моделирование термодинамических свойств и фазового поведения углеводородов и сложных углеводородных смесей на основе нового PC-SAFT уравнения состояния / И.С. Александров, Б.А. Григорьев // Научно-технический сборник – Вести газовой науки. Со-временные подходы и перспективные технологии в проектах освоения нефтегазовых месторожде-ний российского шельфа / М.- «Газпром ВНИИ-ГАЗ», 2018. - № 4 (36). - С. 237-248.</p> <p>10. Александров И.С. Прогнозирование фазового поведения технологических фракций нефти на ос-нове нового PC-SAFT уравнения состояния с ис-пользованием искусственных нейронных сетей/ / И.С. Александров, Б.А. Григорьев, А.А. Гераси-мов// Научно-технический сборник – Вести газо-вой науки. Актуальные вопросы исследования пластовых систем месторождений углеводородов / М.- «Газпром ВНИИГАЗ», 2018. - № 5 (37).</p> <p>11. Александров, И.С. Фундаментальное уравне-ние состояния нормального гексадекана/ И.С. Александров, А.А. Герасимов, Б.А. Григорьев// Научно-технический сборник – Вести газовой</p>
--	--	--	--	--	--

				<p>науки. Актуальные вопросы исследования пластовых систем месторождений углеводородов / М.- «Газпром ВНИИГАЗ», 2019. - № 1 (38). - С. 49-60.</p> <p>12. Григорьев, Б.А. Термодинамическое обеспечение нефтяных и газоконденсатных систем на основе нового PC-SAFT уравнения состояния/ Б.А. Григорьев, А.А. Герасимов, И.С. Александров//Деловой журнал NEFTEGAZ.RU. – 2019. - № 3. - С. 112-117.</p> <p>13. Александров, И.С. Термодинамические свойства технически важных органических рабочих веществ. Нормальный пентадекан/ И.С. Александров, А.А. Герасимов, Б.А. Григорьев// Научно-технический сборник – Вестн газовой науки. Актуальные вопросы исследования пластовых систем месторождений углеводородов / М.- «Газпром ВНИИГАЗ», 2019. - № 2 (39). - С. 159-169.</p>
--	--	--	--	--

Сведения подтверждаю:

Официальный оппонент



И.С. Александров

Подпись Александра Игоря Станиславовича удостоверяю.

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «КГТУ»,
к.ф.-м.н., доцент