

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Александра Игоря Станиславовича
«Моделирование термодинамических свойств и фазовых равновесий
углеводородов и многокомпонентных углеводородных смесей на основе
фундаментальных уравнений состояния», представленной на соискание
учёной степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 –
Теплофизика и теоретическая теплотехника**

Выбор объекта исследований докторской диссертации Александра И.С. напрямую связан с практическими потребностями газовой промышленности на современном этапе её развития. Моделирование технологических процессов добычи газа и конденсата с использованием уравнений состояния является существенным для оптимального выбора технологических режимов добычи, подготовки и транспортировки природного газа и конденсата. В основе таких технологических решений заложены теплофизические и термодинамические свойства добываемых флюидов. В настоящее время дальнейшая разработка уравнений состояния углеводородных систем является базой для повышения точности прогнозных расчетов фазовых равновесий и термодинамических свойств многокомпонентных углеводородных систем n-алканов, аренов и нафтеннов. Точные данные о фазовых равновесиях в углеводородных системах являются значимыми для понимания процессов и расчётов материальных балансов основных технологических потоков в газотранспортных и газосборных сетях, сепарационном и другом технологическом оборудовании газовой промышленности. Таким образом, актуальность диссертационной работы Александра И.С. определяется основными направлениями современных исследований в области моделирования термодинамических свойств и фазовых равновесий углеводородов и их смесей.

В настоящее время технологические симуляторы активно используют различные уравнения состояния для расчёта термодинамических свойств

углеводородных компонент многофазных смесей. Расчеты фазовых равновесий простых углеводородных систем обычно производятся на основе широко применяемых кубических уравнений состояния Соава – Редлиха – Квонга и Пенга – Робинсона. Однако эти уравнения практически не применимы в углеводородных системах с фазовыми переходами при высоких давлениях и низких температурах. В то же время, системы, содержащие конденсаты и полярные вещества, неудовлетворительно описываются обычными кубическими уравнениями состояния, особенно в области высоких давлений.

Разработанные диссертантом новые многоконстантные фундаментальные уравнения состояния нормальных алканов (от н-пентана до н-тетрадекана), ароматических и нафтеновых углеводородов в широком диапазоне температур от тройной точки до начала термических превращений (~ 700 К) и при давлениях до 100 МПа дают возможность определять с высокой точностью термические и калорические свойства этих веществ.

Одним из значимых результатов диссертационной работы Александрова И.С. является разработка нового теоретически обоснованного обобщенного уравнения состояния на базе уравнения состояния PC-SAFT, обеспечивающего более высокую точность расчетных значений термодинамических свойств (ТДС). Верификация уравнения проводилась по экспериментальным данным по углеводородам различного строения (газы, нефть, газовые конденсаты). В диссертации на основе созданного математического аппарата обобщенных многоконстантных уравнений состояния разработана новая методика расчета фазовых равновесий и ТДС углеводородных смесей с широким диапазоном применимости, как по параметрам состояния, так и по углеводородному составу, характеризующаяся высокой точностью расчета ТДС.

Область применимости результатов диссертационной работы включает разработку таблиц стандартных справочных данных в широкой области

параметров состояния углеводородов, создание и заполнение баз данных о ТДС в виде аналитических форм для хранения численной информации. Однако, с нашей точки зрения, в перспективе наиболее практически значимым будет использование новых уравнений состояния в технологических симуляторах для расчетов технологических процессов и проектирования аппаратов химической, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.

С точки зрения интересов газовой отрасли важным является применение развитых в докторской диссертации теоретических положений применительно к действующей нормативной документации ПАО «Газпром», используемых для проектирования, строительства и эксплуатации объектов газовой инфраструктуры. Это рекомендации Р Газпром 2-3.3-1099-2017. «Моделирование термодинамических свойств нефтяных и газоконденсатных систем на основе фундаментальных многоконстантных уравнений состояния». и Р Газпром 2-3.3-1129-2017 «Методическое руководство по расчету термодинамических свойств, фазовых равновесий, коэффициентов вязкости и теплопроводности нефти, газовых конденсатов, их фракций и продуктов переработки в пластовых и технологических условиях».

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов, сделанных в диссертации, обеспечивается использованием фундаментальных положений термодинамики многокомпонентных систем, а также современных методов численной оптимизации и верификацией расчетных значений ТДС и фазовых равновесий с использованием надежных экспериментальных данных.

Диссертация является завершённой исследовательской работой, в ходе выполнения которой получен большой объем новых данных в области моделирования термодинамических свойств и фазовых равновесий углеводородов и их смесей с привязкой к практической задачам. Апробация работы проведена на российских и международных конференциях, а ее результаты опубликованы в авторитетных изданиях международного уровня.

Соискатель Александров Игорь Станиславович заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Истомин
Владимир Александрович



Доктор химических наук
Профессор
Главный научный сотрудник
Центр технологий добычи газа
Научно-исследовательский институт
природных газов и газовых технологий
— ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
142717 Московская обл. Ленинский р-н
п. Развилка Проектируемый пр. № 5537 вл.
15 стр. 1
<https://vniigaz.gazprom.ru>
V_Istomin@vniigaz.gazprom.ru
тел.: +7 498 657 43 51

Долгаев Сергей Иванович



Кандидат физико-математических наук
Ведущий научный сотрудник
Центр технологий добычи газа
Научно-исследовательский институт
природных газов и газовых технологий
— ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
142717 Московская обл. Ленинский р-н
п. Развилка Проектируемый пр. № 5537 вл.
15 стр. 1
<https://vniigaz.gazprom.ru>
S_Dolgaev@vniigaz.gazprom.ru
тел.: +7 498 657 42 16

г. Москва 05 марта 2020 г.

Подпись В.А. Истомина, С.И. Долгаева
завершено



О.В. Сидорова

Вед. спец. ОДОУ