

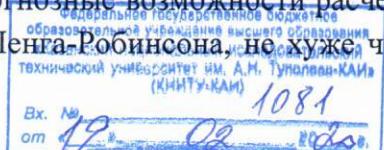
ОТЗЫВ
на автореферат диссертации Александрова Игоря Станиславовича
«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Эффективное и безопасное развитие добычи, транспорта и переработки углеводородного сырья не может быть реализовано без надежного теплофизического обеспечения. Данные о термодинамических свойствах (ТДС) и фазовом поведении технически важных веществ, к которым в данной работе относятся углеводороды, представители трех основных гомологических рядов, и многокомпонентные углеводородные смеси как природного, так и технологического происхождения, получают, как правило, в результате теплофизического эксперимента. Сложность и трудоемкость последнего хорошо известна, в то же время освоение новых месторождений в сложных климатических, геологических и термобарических пластовых условиях, внедрение новых технологий, расширяют диапазон параметров по температуре, давлению и составу рабочих веществ. В результате возникает хорошо известный дефицит информации о ТДС и фазовом поведении объекта исследования или производства. Указанный дефицит традиционно восполняется прогнозными методами расчета, научное развитие которых, безусловно, актуально и способствует решению важных научно-практических задач.

Наилучшим методом получения информации о ТДС индивидуальных веществ, в данном случае углеводородов, является расчет по надежным экспериментально обоснованным фундаментальным уравнениям состояния (ФУС). Однако подробные, разнородные и широкодиапазонные экспериментальные данные о ТДС имеются лишь для некоторых, как правило, первых представителей гомологических рядов. Поэтому разработка и внедрение современных алгоритмов и численных методов построения ФУС на ограниченном объеме экспериментальных данных является важной научной задачей, которая во многом решена в диссертации И.С. Александрова. Им получены пятнадцать ФУС для технически важных углеводородов, представляющих различные гомологические ряды. Новые уравнения имеют как научную, так и практическую ценность.

Для неисследованных, либо мало исследованных углеводородов в диссертации получены два обобщенных ФУС, описывающих соответственно ТДС алканов и углеводородов с циклическими структурами. На основе этих уравнений в рамках теории термодинамического подобия разработан новый, оригинальный метод расчета ТДС и фазовых равновесий сложных углеводородных смесей и произведено его тщательное тестирование. Показано, что новый метод расчета ТДС отличается от существующих значительно более высокой точностью, универсальностью и более широким диапазоном применимости по температуре давлению.

В настоящее время для пластовых углеводородных систем, содержащих газовые компоненты, расчет ТДС и фазовых равновесий производят, как правило, на основе кубических уравнений состояния (КУС). Как следует из автореферата, в диссертации представлены результаты анализа группы наиболее широко используемых КУС применительно к расчету ТДС и фазовых равновесий. Показано, что **прогнозные возможности расчета фазовых равновесий по КУС, в частности по уравнению Пенга-Робинсона, не хуже, чем**



при использовании многоконстантных ФУС, однако ТДС передаются с большими ошибками и, таким образом, на основе КУС невозможно получить надежные термодинамически согласованные данные на всей поверхности состояния. Для решения данной проблемы в диссертации разработана методика расчета ТДС и фазовых равновесий на основе обобщенных и индивидуальных авторских ФУС с использованием также и литературных ФУС, полученных для газовых компонентов, входящих в состав пластовых углеводородных смесей. Установлены диапазоны применимости предлагаемого метода и определены проблемные моменты, связанные с расчетом фазовых равновесий систем, содержащих тяжелые компоненты.

Дальнейшее научное решение выявленных проблем автор диссертации нашел в развитии и применении PC-SAFT уравнения состояния, которое имеет строгое теоретическое обоснование, в отличие от многоконстантных ФУС, и более высокую точность расчета ТДС по сравнению с КУС. Автором получена новая модификация обобщенного PC-SAFT уравнения состояния, отличающаяся от существующих более широкими прогнозными возможностями, как по расчету ТДС, так и фазовых равновесий.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования подтверждается аттестованными в ГСССД 12-ю таблицами ТДС технически важных углеводородов, разработанными на основе авторских ФУС и двумя нормативными документами принятymi для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ПАО «Газпром».

Достоверность полученных результатов основывается на использовании строгих положений термодинамики и подтверждается сравнением результатов расчета с надежными экспериментальными данными.

Соответствие паспорту специальности 01.04.14 подтверждается содержанием всех глав диссертации, описанных в автореферате, и полученными научными и практическими результатами. Материалы, выносимые на защиту, соответствуют решению поставленных задач.

Диссертационная работа прошла всестороннюю апробацию на многочисленных международных и Российских конференциях, результаты работы опубликованы в международных и отечественных профильных рецензируемых журналах с высоким рейтингом, а также в научных изданиях. Структура автореферата, его содержание, а также результаты и выводы в сжатой форме отражают основные научные и практические результаты исследования.

Замечания и вопросы:

1. При анализе и идентификации фазового состояния пластовых систем важную роль играет взаимное расположение характерных точек на граничной кривой – критическая точка, крикондентерма и криконденбара. Позволяют ли предложенные модели определять значения параметров этих точек?
2. Какова величина неопределенности данных о плотности н-тетрадекана, полученных методом Монте-Карло?

Резюмируя, следует заключить, что диссертационная работа Александрова И.С. выполнена на актуальную тему, характеризуется научной новизной и практической значимостью. В ней представлены новые, достоверные и научно-обоснованные методы математического моделирования ТДС и фазовых равновесий углеводородов и многокомпонентных углеводородных смесей в широком диапазоне параметров состояния. Разработанные ФУС и методы расчета имеют научную и практическую значимость, что подтверждается многочисленными публикациями в профильных отечественных и зарубежных журналах, до-

кладами на научных международных и Российской конференциях, аттестованными и принятыми к использованию нормативными документами.

Внедрение результатов работы будет способствовать повышению эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений, повышению энергетической эффективности технологических процессов их ресурсосбережению и внесет весомый вклад в экономическое развитие нашей страны.

Таким образом, диссертационная работа Александрова Игоря Станиславовича соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) и предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор Александров И.С. при условии успешной защиты заслуживает присвоения степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
лауреат государственных премий СССР и РФ,
профессор кафедры теоретических основ
теплотехники им. Вукаловича
ФГБОУ ВО "НИУ "Московский энергетический институт"
111250, Россия, г. Москва,
Красноказарменная улица, дом 14.
Тел. 8 (495) 362-70-01
E-mail: SychevVV@mpei.ru

B. Сычев

В.В. Сычев

Подпись Сычева Вячеслава Владимировича заверяю.

Ученый секретарь ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»



И.В. Кузовлев

НАЧАЛЬНИКА
ДЕПАРТАМЕНТА РАБОТЫ С ПЕРСОНАЛОМ
Л.И. ПОЛЕВАЯ