

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хайрутдинова Венера Фаилевича  
«ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ, ЭКСТРАКЦИИ И ПРОПИТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ СРЕД ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ ПОЛИМЕРНОЙ ХИМИИ, ФАРМАЦЕВТИКИ И НЕФТЕХИМИИ», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Сверхкритические флюидные (СКФ) технологии находят широкое и разнообразное применение в различных отраслях промышленности, вследствие чего увеличивается не только количество рабочих веществ и целевых продуктов, но и условия проведения процессов как по температуре и давлению, так и по фазовому состоянию объектов – участников процесса. Такое разнообразие делает актуальным проведение дальнейших экспериментальных исследований теплофизических свойств и фазовых равновесий систем СКФ-растворитель – объект воздействия, так как для большинства новых объектов, особенно при использовании новых СКФ-растворителей, получение необходимой информации расчетными методами невозможно.

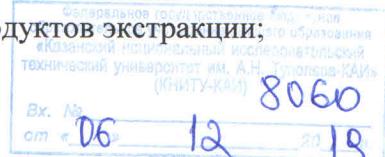
Обращает внимание ещё одно обстоятельство, если для СКФ-экстракции термодинамические основы понятны и в целом разработаны (хотя и здесь остается большое число проблем, связанных с прогнозными возможностями расчетных методов), то для процессов пропитки и особенно диспергирования необходимая информация может быть получена только эмпирическим путем, а термодинамический анализ, кинетика процессов и разработка расчетных соотношений находится на начальной стадии. Не менее важно исследование технологических закономерностей процессов для их практического и эффективного внедрения.

Таким образом, тема диссертационной работы актуальна, она соответствует потребностям современной науки и технологической практики в исследуемой области.

Для решения поставленных задач при участии автора диссертации были созданы восемь экспериментальных установок для исследования растворимости, фазового равновесия, тепловых эффектов, процессов экстракции и импрегнации. Экспериментальные исследования изобарной теплоемкости, плотности и вязкости были выполнены на существующих в университете установках.

В результате получены:

- 1) новые экспериментальные данные о растворимости СЭВА-113, СЭВА-115, парацетамола, пропиконазола в сверхкритическом (СК)  $\text{CO}_2$  и антрацене в СК пропане и СК пропан/бутановой смеси;
- 2) новые экспериментальные данные о фазовом равновесии тройной системы «поликарбонат – дихлорметан – СК  $\text{CO}_2$ » и бинарных систем «пропан/бутан – нафталин», «пропан/бутан – фенол», «пропан/бутан – ацетофенон», «пропан/бутан – сера», «пропан/бутан – вода»;
- 3) новые экспериментальные данные об изобарной теплоемкости пропиконазола, бинарных систем «поликарбонат – СК  $\text{CO}_2$ », «парацетамол – СК  $\text{CO}_2$ », «пропиконазол – СК  $\text{CO}_2$ », тройных систем «поликарбонат – дихлорметан – СК  $\text{CO}_2$ », «парацетамол – ацетон –  $\text{CO}_2$ »;
- 4) данные о плотности и вязкости водонефтяных эмульсий и продуктов экстракции;



- 5) новые экспериментальные данные по диспергированию полистирола, поликарбоната, парацетамола методом антирастворителя и данные о смешении полимеров СЭВА-113 и СЭВА-115;
- 6) технологические данные процессов экстракции и определены оптимальные термодинамические параметры утилизации безводных нефтяных шламов, выделения углеводородов из водо-нефтяных эмульсий, извлечения углеводородов из битумного песчаника, утилизации деревянных шпал;
- 7) технологические данные процесса пропитки щебня карбонатной породы деасфальтизатом тяжелого нефтяного остатка и процесса пропитки древесины пропиленом.

Большинство экспериментальных и технологических данных получены впервые, они имеют несомненную научную и практическую ценность, так как создают необходимую базу для развития термодинамических и кинетических основ рассмотренных процессов. Без этих данных невозможно на сегодняшний день заниматься практическим внедрением процессов экстракции, диспергирования и пропитки. Этот вывод наглядно проиллюстрирован автором диссертации при разработке модели процесса СКФ-экстракции углеводородов из нефтяного шлама пропан/бутановым растворителем.

Практическая значимость диссертации подтверждается шестью патентами, актами о внедрении и справками об использовании результатов работы.

Достоверность полученных новых данных подтверждается использованием обоснованных методов экспериментального исследования и термодинамического анализа, проведением контрольных опытов с хорошо исследованными веществами и оценкой погрешностей результатов измерений.

Соответствие паспорту специальности 01.04.14 подтверждается описанием в автореферате всех глав диссертации и содержанием полученных результатов. 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:

1. Результаты исследования теплофизических свойств и фазовых равновесий, полученные в диссертации, имеют несомненную научную и практическую ценность. Однако они представлены в виде маломасштабных графиков, что делает невозможным их анализ и обработку другими исследователями и снижает указанную ценность.
2. В формуле для коэффициента  $a$  уравнения Пенга-Робинсона, коэффициент бинарного взаимодействия  $m_{ij}$  определяется по правилу комбинирования Мухопадхьяи и Rao (так написано в автореферате, стр. 16), а далее он определяется минимизацией отклонений экспериментальных данных о растворимости? Также следует заметить, что  $i$  и  $j$  это индексы, а не коэффициенты.
3. С какой точностью описываются термодинамические свойства исследованных систем уравнением Пенга-Робинсона?

4. На рис. 35 представлены авторские и литературные данные о С<sub>p</sub> парацетамола. В жидкой фазе вблизи линии плавления наблюдаются не только численные расхождения с литературными данными, но и принципиально другой температурный ход изобары. Как можно объяснить такое поведение С<sub>p</sub> жидкой фазы?

Резюмируя следует заключить, что диссертационная работа Хайрутдинова В.Ф. выполнена на актуальную тему, характеризуется научной новизной и практической значимостью. В ней представлены новые, достоверные и научно-обоснованные данные о теплофизических свойствах и фазовых равновесиях технически важных систем «вещество – СКФ-растворитель», новые данные о кинетике и химизме процесса экстракции из тяжелых нефтяных остатков, новые технологические результаты, характеризующие процессы диспергирования и пропитки, важные для научного анализа, обобщения и практического внедрения, что подтверждено патентами, многочисленными публикациями в профильных журналах и докладами на научных международных и Российской конференциях.

Внедрение результатов работы будет способствовать повышению энергетической эффективности технологических процессов их ресурсосбережению и внесет весомый вклад в экономическое развитие нашей страны. Таким образом, диссертационная работа Хайрутдинова Венера Фаилевича соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» и предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор Хайрутдинов В.Ф. при условии успешной защиты заслуживает присвоения степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Герасимов Анатолий Алексеевич,

д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «КГТУ»

236000, г. Калининград, ул. Советский проспект, 1

(4012) 56-48-13, [aager\\_kstu@mail.ru](mailto:aager_kstu@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет».

Профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Подпись Герасимова А.А. заверяю

Ученый секретарь ФГБОУ ВО «КГТУ»

Н.В. Свиридов

