

ХІІ СЕМИНАР ВУЗОВ ПО ТЕПЛОФИЗИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ

Тезисы докладов

Всероссийской научной конференции

25-27 октября 2021 года г. Сочи



УДК 532-539;541;544;620;628;662
ББК 31

ХII семинар вузов по теплофизике и энергетике, Сочи, 25–27 октября 2021 г. – Сочи
Электронная версия - <https://www.itp.nsc.ru/conferences/svuz2021/file/thesis.pdf>

Сборник составлен из тезисов докладов, включенных в программу Всероссийской научной конференции «ХII семинар вузов по теплофизике и энергетике». Представленные материалы подготовлены научно-педагогическими работниками, студентами, учеными и специалистами из различных университетов и профильных научно-исследовательских организаций. Они охватывают широкий круг фундаментальных и прикладных проблем в области тепломассообмена и физической гидродинамики, горения натуральных топлив, энергоэффективности и энергосбережения, совершенствования энергетического оборудования ТЭС и АЭС, проблем управления энергетическими объектами. Рассматриваются также вопросы развития и приложения методов математического моделирования для решения разнообразных задач теплофизики и энергетики, в том числе с применением современных технологий вычислительной гидродинамики.

Тематические направления конференции

- Физическая гидрогазодинамика и тепломассообмен
- Горение натуральных топлив
- Математическое моделирование в теплофизике и энергетике
- Свойства рабочих тел и конструкционных материалов в энергетике
- Энергоэффективность и энергосбережение
- Совершенствование энергетического оборудования ТЭС и АЭС
- Водоподготовка и водно-химический режим
- Возобновляемые источники энергии
- Вопросы экологической безопасности
- Образовательные программы по теплофизике и энергетике

Электронное издание сборника тезисов проводилось с авторских листов участников конференции.
За ошибки и опечатки авторов издательство ответственности не несет.

ISBN 978-5-89017-070-5

© Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 2021

Программный и организационный комитет

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

Алексеев С.В., академик РАН, ИТ СО РАН

Заместители председателя

Калайдин Е.Н., д.ф.-м.н., профессор, КубГУ

Куйбин П.А., д.ф.-м.н., ИТ СО РАН

Ученый секретарь

Скрипкин С.Г., к.ф.-м.н., ИТ СОРАН

Члены оргкомитета

Жаксимбетова М.М.,

Техническая академия Росатома

Горбачева Е.В., КубГУ

Квон А.З., ИТ СО РАН

Шарифуллин Б.Р., ИТ СО РАН

Зубова С.В., ООО "Научный сервис"

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

Маркович Д.М., академик РАН, ИТ СО РАН

Заместитель председателя

Першуков В.А., д.т.н., РОСАТОМ

Калайдин Е.Н., д.ф.-м.н., профессор, КубГУ

Куйбин П.А., д.ф.-м.н., ИТ СО РАН

Члены Программного комитета

Богатова Т.Ф., к.т.н., зав. каф. ТЭС, УрФУ

Богомоллов А.Р., д.т.н., КузГТУ

Большов Л.А., академик РАН, ИБРАЭ РАН

Дедов А.В., чл.-корр. РАН, МЭИ

Дектерев А.А., к.т.н., СФУ

Дмитриев А.С., д.т.н., профессор, МЭИ

Дмитриев С.М., д.т.н., профессор, НГТУ им.

Р.Е. Алексеева

Елистратов С.Л., д.т.н., профессор, НГТУ

Заворин А.С., д.т.н., профессор, ТПУ

Ильгисонис В.И., д.ф.-м.н., РОСАТОМ

Исаев В.А., д.ф.-м.н., профессор, КубГУ

Исаев С.А., д.ф.-м.н., профессор, СПбГМТУ

Клименко В.В. чл.-корр. РАН, МЭИ

Кузма-Кичта Ю.А., д.т.н., профессор, МЭИ

Кузнецов В.В., д.ф.-м.н., ИТ СО РАН

Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор, ТПУ

Куперштох А.Л., д.ф.-м.н., профессор, ИГиЛ

СО РАН

Мильман О.О., д.т.н., профессор, «Турбокон»

Митрофанова О.В., д.т.н., профессор, МИФИ

Митяков А.В., д.т.н., профессор, СПбПУ

Никоненко В.В., д.х.н., профессор, КубГУ

Павленко А.Н., чл.-корр. РАН, ИТ СО РАН

Петреня Ю.К., чл.-корр. РАН, ПАО «Силовые машины»

Петрунин В.В., д.т.н., профессор, ОКБМ

Африкантов

Покусаев Б.Г., чл.-корр. РАН, МГУИЭ

Попов И.А., д.т.н., профессор, КНИТУ-КАИ

Рачков В.И., д.т.н., профессор, МИФИ

Рыжков А.Ф., д.т.н., профессор, УрФУ

Сапожников С.З., д.т.н., профессор, СПбПУ

Стенников В.А., чл.-корр. РАН, ИСЭМ СО
РАН

Строганова Е.В. д.ф.-м.н., профессор, КубГУ

Терехов В.И., д.т.н., профессор, ИТ СО РАН

Тугов А.Н., д.т.н., ВТИ

Федоров М.П., академик РАН, СПбПУ

Федорович Е.Д., д.т.н., профессор, СПбПУ

Хомич В.Ю., академик РАН, ИЭЭ РАН

Чичирова Н.Д., д.х.н., профессор, ТЭС КГЭУ

Штым К.А., д.т.н., ДВФУ

Щинников П.А., д.т.н., профессор, НГТУ

- Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН
- Кубанский государственный университет
- Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
- Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

МНОГОКОМПОНЕНТНОЕ СМЕШЕНИЕ НА ГРАНИЦЕ ПЕРЕХОДА «ДИФфуЗИЯ – КОНВЕКЦИЯ» ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ

Косов В.Н.¹, Федоренко О.В.², Жанели М.М.¹, Мухатова К.М.²

¹ Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

² Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

e-mail: kosov_vlad_nik@list.ru, fedor23.04@mail.ru

Конвекция Рэлея-Бенара представляет собой классический пример возникновения движений, вызванных неустойчивостью механического равновесия смеси [1]. При изначально неустойчивой стратификации системы по плотности, предполагающей условие, когда над лёгкой жидкостью (или газом) находится более тяжёлая среда, реализуется конвекция Рэлея-Тейлора [1]. Противоположное направление градиента плотности смеси предполагает устойчивую стратифицированность по плотности исследуемой системы. В бинарных газовых смесях это условие определяет диффузионный механизм переноса вещества. Однако добавление третьего (и более) компонентов в исследуемую смесь может дестабилизировать парциальный перенос. Вследствие разной скорости диффузии компонентов возникают условия для реализации конвекции [2]. Поэтому экспериментальное и расчетно-теоретическое исследование многокомпонентного смешения в изотермических реакционно-нейтральных смесях представляется актуальным, так как позволяет изучить особенности комбинированного смешения компонентов. В данной работе приводятся экспериментальные и численные результаты для различных изотермических тройных систем в зависимости от соотношений между коэффициентами диффузии и давления.

Парциальный перенос компонентов изучался на опытном устройстве, реализующем метод двух колб, соединенных вертикальным каналом в изотермических условиях. Опыты проводились в диапазоне давлений от 0,2 до 6,0 МПа, при температуре 298,0 К. Экспериментальный стенд и процедура работы на нем была детально описана в [3], поэтому остановим внимание на основных этапах экспериментального исследования. Верхняя и нижняя колбы аппарата заполнялись исследуемыми смесями газов до давления опыта. Затем с помощью специального устройства соединяющий колбы канал открывался и одновременно фиксировалось время начала процесса смешения. По окончании опыта канал перекрывался и регистрировалось время окончания смешения. Анализ газовых смесей из каждой колбы осуществлялся на хроматографе. Опытные концентрации нормировали на значения, вычисленные по уравнениям Стефана-Максвелла [4] в предположении диффузии. Полученные таким образом безразмерные параметры α_i характеризуют соответствующий тип смешения. Если $\alpha_i \approx 1$, то имеет место диффузия. Анализ функциональной зависимости α_i от p показывает, что для системы $0,5143 \text{ He} + 0,4857 \text{ Ar} - 0,5148 \text{ CH}_4 + 0,4852 \text{ Ar}$ в области давлений до $p^* \approx 1,0 \text{ МПа}$ имеет место диффузия (см. рис. 1). Дальнейшее повышение давления показывает, что параметр α_i возрастает. В ис-

следуемой системе за счет неустойчивости механического равновесия смеси возникает гравитационная концентрационная конвекция, а давление p^* определяет смену режимов «диффузия – концентрационная гравитационная конвекция». При давлениях значительно превышающих p^* линейная зависимость нарушается. В смеси $0,4500 \text{ N}_2 + 0,5500 \text{ CO}_2 - \text{Ar}$, где коэффициенты диффузии приблизительно одинаковы такая зависимость не наблюдается и параметр α для всех компонентов приблизительно равен единице. Таким образом, в системе регистрируется диффузия.

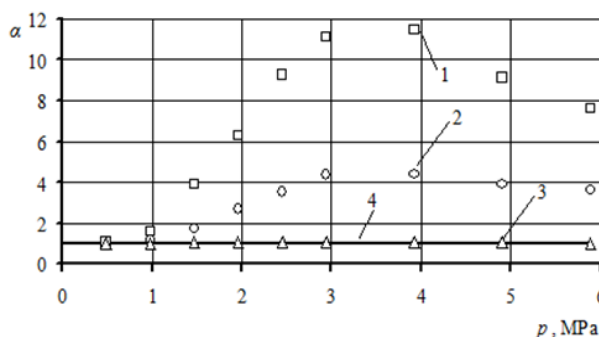


Рисунок 1. Зависимость параметра α от давления: 1 – метан, 2 – гелий, 3 – аргон, 4 – расчет в предположении диффузии.

Распространяя подход, описанный в [1], на случай тройных газовых смесей в рамках теории устойчивости в терминах парциальных чисел Рэлея можно получить граничные соотношения, определяющие смену режимов «диффузия – конвекция». Наличие двух чисел Рэлея показывает, что каждая из термодинамических сил оказывает свое влияние на возникновение концентрационной конвекции в изотермических условиях.

Список литературы

1. Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1972. 382 с.
2. Дильман В.В., Лотхов В.А. Молекулярно-турбулентное испарение в гравитационном поле // Теор. осн. хим. технол. 2015. Т. 49, № 1. С. 107-111.
3. Асембаева М.К., Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. Влияние угла наклона канала на конвективное смешение, вызванное неустойчивостью механического равновесия тройной газовой смеси при изотермической диффузии // Письма в ЖТФ. 2019. Т. 45, № 21. С. 7–10.
4. Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N. Transport Phenomena (Revised Second ed.). New York: John Wiley & Sons, 2007. 895 p.

Работа поддержана Комитетом науки Минобрнауки Республики Казахстан (грант № AP09259248).