Габитов, Фаризан Ракибович. Теплофизические свойства органических жидкостей в широком диапазоне температур, не искаженные радиационным теплопереносом : диссертация ... доктора технических наук : 05.14.05.- Казань, 2000.- 325 с.: ил. РГБ ОД, 71 01-5/107-4

УНИВЕРСИТЕТ

ГАБИТОВ Фаризан Ракибович

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В

ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР,

НЕ ИСКАЖЕННЫЕ РАДИАЦИОННЫМ ТЕПЛОПЕРЕНОСОМ.

Специальность 05.14.05 - теоретические основы теплотехники

Диссертация на соискание ученой степени

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ. 9

ВВЕДЕНИЕ 11

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЯ 21

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНО НАГРЕВАЕМОГО ЗОНДА.

§1.1.Теоретическое обоснование метода импульсно 21

нагреваемого зонда.

§1.2. Идеализированная модель плоского источника тепла. 25

§1.3. Идеализированная модель линейного источника тепла. 29

§ 1.4.Модель плоского источника тепла ограниченной ширины. 33 §1.5. Отклонение моделей от идеальности. 3 7

§1.5.1. Влияние собственной теплоемкости источников 37 тепла.

§1.5.2. Влияние внешней стенки. 43

§1.5.3. Концевые эффекты. 45

§1.5.4. Влияние температурной зависимости 49 теплофизических свойств.

з

§1.5.5. Влияние естественной конвекции. 51

§1.5.6 .Влияние радиационного переноса тепла. 5 3

Глава 2. РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПЛОСКОГО И 61

ЛИНЕЙНОГО ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

§2.1. Реальные модели плоского и линейного источников 62

тепла.

§2.1.1. Плоский источник тепла. 62

§2.1.2. Совместное измерение тепловой активности и 71 теплопроводности.

§2.1.3. Измерение толщины пленок. 76

§2.2. Линейный источник тепла. 76

§2.3. Измерение теплофизических свойств веществ. 82

§2.3.1 .Измерение теплопроводности. 82

§2.3.2. Автоматизация процессов измерения 87

теплофизических свойств. Измерение теплофизических свойств при не постоянстве температуры исследуемой жидкости.

§2.4. Погрешность измерения теплофизических свойств 97 жидкостей.

Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ

ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ.

§3.1. Состояние вопроса. Характеристика объектов исследования.

§3.2. Проверка работоспособности установки.

§3.3. Результаты исследования молекулярной теплопроводности органических жидкостей.

Глава 4. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ.

§4.1. Состояние вопроса.

§4.2. Методика измерения температуропроводности.

§4.3. Результаты исследования температуропроводности органических жидкостей.

Глава 5. РАДИАЦИОННЫЙ ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЦИОНАРНЫМИ МЕТОДАМИ.

§5.1. Расчетно-теоретическая оценка радиационной составляющей теплопроводности.

§5.1.1. Краткий обзор теоретических решений задач радиационно-кондуктивного теплообмена.

§5.1.2. Характеристики оптических свойств среды и 164

граничных поверхностей.

§5.2. Сравнение теоретически рассчитанных значений 182

радиационных составляющих А, и а с экспериментальными данными.

§5.3. Расчет молекулярных значений теплофизических 197

свойств органических жидкостей по имеющимся эффективным значениям.

Глава 6. ОБОБЩЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ 203

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ.

§6.1. Анализ основных методов, используемых для обобщения 204 ТФС.

§6.2. Обобщение данных по теплопроводности органических 212 жидкостей с использованием теории соответственного состояния.

§6.3. Обобщение и прогнозирование комплекса 224 теплофизических свойств.

Глава 7. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ 228

ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В ПОТОКЕ.

§7.1. Методы измерения теплофизических свойств жидкостей в потоке.

§7.2. Теоретические основы измерения теплофизических свойств жидкостей в потоке методом импульсно нагреваемого зонда.

§7.2.1. Анализ существующих математических моделей теплообмена между импульсно нагреваемым источником тепла и потоком жидкости.

§7.2.2. Математическая модель теплообмена между импульсно нагреваемой пластиной и потоком вязкой несжимаемой жидкости.

§7.2.2.1. Постановка задачи.

§7.2.2.2. Геометрия расчетной области.

§7.2.2.3. Исходные уравнения.

§7.2.2.4. Уравнения в безразмерном виде §7.2.2.5. Постановка краевых условий.

§7.2.2.6. Уравнение энергии.

§7.2.2.7. Граничные и начальные условия.

§7.2.3. Влияние упрощения модели на точность решения задачи.

§ 7.2.3.1. Влияние температурного изменения вязкости 252 на теплообмен.

§7.2.3.2. Влияние температурного изменения 255

коэффициента температуропроводности на

теплообмен.

§7.2.3.3. Влияние температурного изменения 255

плотности на теплообмен.

§7.2.4. Результаты решения математической модели. 256

§7.2.4.1. Численное решение системы уравнений. 256

§7.2.4.2. Обсуждение результатов расчета. 257

§7.3. Экспериментальное исследование теплофизических 265

свойств жидкостей в потоке.

§7.3.1. Описание экспериментальной установки. 265

§7.3.2. Сравнение теоретического решения и результатов 268 эксперимента.

§7.4. Одновременное измерение тепловой активности, 271

теплопроводности и вязкости жидкостей.

§7.4.1 .Модель идеального плоского источника тепла для 272

измерения тепловой активности.

§7.4.2.Модель идеального линейного источника тепла для 280

измерения теплопроводности

§7.4.3.Измерение вязкости жидкостей методом 285

импульсно нагреваемого зонда.

ВЫВОДЫ 288

ЛИТЕРАТУРА 292

ПРИЛОЖЕНИЕ 317

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.**

1. Разработан способ измерения температуропроводности методом импульсно нагреваемого малоинерционного зонда, защищенный патентом на изобретение.
2. Разработаны теоретические основы совместного (в течение одного импульса нагрева зонда 1-5 с.) измерения тепловой активности, теплопроводности и вязкости жидкостей в потоке методом импульсно нагреваемого зонда.
3. Разработаны теоретические основы измерения теплофизических свойств жидкостей в потоке, как базис для создания систем автоматики химического производства.
4. Разработанная математическая модель теплообмена между потоком вязкой несжимаемой жидкости и импульсно нагреваемой пластиной позволила определить характеристики температурного пограничного слоя, внутри которого измеряются не искаженные потоком теплофизические свойства.
5. Созданы четыре экспериментальных установки по методу импульсного нагрева малоинерционного зонда для исследования тепловой активности, теплопроводности, температуропроводности и кинематической вязкости жидкостей при температурах до 1000К и

энергии.

1. Впервые метод импульсно нагреваемого зонда реализован в автоматизированном варианте на основе импульсной и вычислительной техники, позволяющий измерять комплекс ТФС. Автоматизированные устройства защищены двумя патентами на изобретение.
2. Проведено исследование теплопроводности 29,

температуропроводности 7 и тепловой активности 2 жидкостей, относящихся к 10 классам органических соединений, в области температур до 650К и давлений до 50 МПа. Теплопроводность 19 и температуропроводность 5 из этих жидкостей измерены впервые. Полученные значения теплофизических свойств не искажены радиационным переносом энергии.

1. Теоретический анализ известных термодинамических соотношений и статистический анализ результатов экспериментальных измерений теплофизических свойств показал, что *X* и а одинаково искажаются радиационным теплоцереносом. Тепловая активность искажается радиационным теплопереносом, как корень квадратный от величины искажения *X* или а.
2. Измерены ИК-спектры поглощения 9 веществ, с помощью которых в селективно-сером приближении рассчитаны величины радиационных составляющих теплофизических свойств в результатах работ, выполненных ранее с помощью традиционных методов измерения. Расчёты объясняют, что расхождения до 10-20% наших данных с результатами прежних измерений объясняются не учётом в последних радиационного переноса тепла.
3. Расчёты и экспериментальные исследования влияния числа атомов углерода в молекуле углеводородов на величину радиационной составляющей теплофизических свойств, полученных традиционными методами, показали, что максимальное значение *Хг*для алканов и

алкенов достигается при 13<ГПС<20. Влиянием радиационного переноса для алканов и алкенов можно пренебречь при ГПС <5 или

ГПС>30, когда среда в одном случае приближается к оптически тонкой, а во втором - к оптически толстой. Эти выводы справедливы для толщины слоя вещества Н= 0,5мм, в основном, используемой в традиционных методах измерения.

1. Установлено, что влияние давления (до 50 МПа) на молекулярные и эффективные значения ТФС органических жидкостей в пределах погрешности измерений одинаково.
2. Предложена методика оценки радиационной составляющей теплопроводности различных веществ для корректировки значений А,эф , полученных традиционными методами измерения.
3. С использованием закона соответственных состояний получены единые уравнения, описывающие и прогнозирующие ТФС представителей 14 рядов жидких органических веществ (алканы, алкены, ароматические углеводороды, простые эфиры, амины, предельные одноосновные кислоты, галогенопроизводные, одноатомные спирты, фторуглероды, нафтены, изомеры алканов, углеводороды дифенил метанового ряда, углеводороды ацетиленового ряда, кремнеорганические теплоносители) в широком диапазоне температур и давлений.
4. Впервые измерены теплофизические свойства ряда органических

жидкостей в потоке.