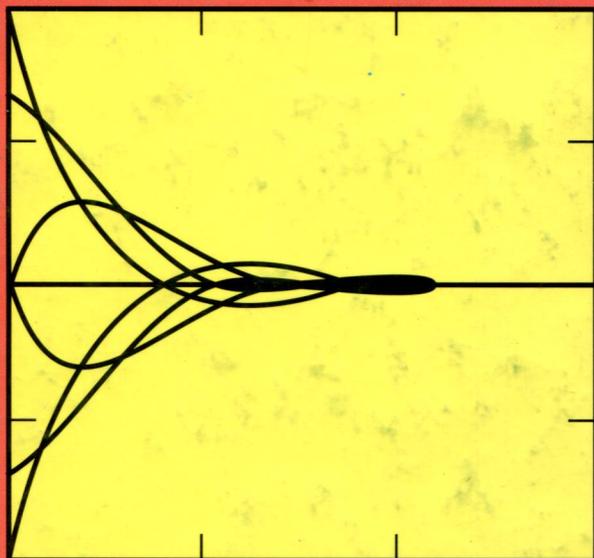


С.Н. Кравчун, А.А. Липаев

Метод периодического нагрева
в экспериментальной
теплофизике



С.Н. Кравчун, А.А. Липаев

**Метод периодического нагрева
в экспериментальной
теплофизике**



Издательство
Казанского университета
2006

УДК 536:539.1
ББК 22.36:22.37
К77

*Печатается по рекомендации Ученого совета
Альметьевского государственного нефтяного института*

Научный редактор: доктор физико-математических наук,
профессор **В.А.Чугунов**

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Г.Г.Спирин,
кандидат физико-математических наук С.П.Евтушенко

Кравчун С.Н., Липаев А.А.

К 77 Метод периодического нагрева в экспериментальной теплофизике. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2006. – 208 с.
ISBN 5-7464-1394-1

В книге рассмотрены различные направления использования метода периодического нагрева, получившие развитие за последние два десятилетия: тепловая спектроскопия, исследования тепловых свойств тонких пленок, жидких смесей, горных пород при наличии фильтрации, критических явлений и др.

Показаны возможности исследований в диапазоне частот от $\sim 10^{-3}$ до $\sim 10^7$ Гц и пространственных масштабов от ~ 10 нм до ~ 1 см. приведено описание экспериментально обнаруженных авторами эффектов нарастания амплитуды колебаний температуры при увеличении скорости потока периодически нагреваемой жидкости в случаях продольного обтекания зонда и фильтрации через пористые тела. Представлены результаты исследования нелинейных эффектов, приводящих к появлению в спектре колебаний температуры второй и третьей гармоник. Воспроизведены соотношения теории классических вариантов метода, разработанной для измерений тепловых свойств газов и жидкостей.

Для специалистов в области теплофизики и молекулярной физики, аспирантов, студентов.

ISBN 5-7464-1394-1

© Кравчун С.Н., Липаев А.А., 2006

Оглавление

В в е д е н и е	5
1. Особенности температурных волн и классификация методов периодического нагрева.....	7
2. Теоретические основы простейших вариантов метода периодического нагрева.....	15
2.1. Метод периодического нагрева фольги.....	15
2.2. Метод периодического нагрева проволоки.....	18
2.3. Периодический нагрев полоски произвольной ширины на поверхности анизотропного твёрдого тела.....	24
3. Температурные волны в слоистых средах	31
3.1. Теоретическое обоснование методов периодического нагрева в системе контактирующих тел.....	31
3.1.1. Метод исследования тепловых свойств капиллярно-пористых сред в условиях фильтрации жидкости.....	32
3.1.2. Анализ обобщенной тепловой схемы методов периодического нагрева в системе контактирующих тел и варианты методик измерения тепловых свойств.....	42
3.2. Теория метода измерения тепловых свойств пленки на подложке.....	49
4. Радиационный и конвективный перенос при периодическом нагреве	65
4.1. Радиационно-кондуктивный перенос тепла в режиме температурных волн	65
4.2. Влияние конвекции на амплитуду и фазу колебаний температуры зонда. Температурные волны в потоке жидкости	74
4.3. Тепловые свойства фильтрующих сред. Температурные поля в коллекторах при массопереносе и периодическом нагреве.....	80
5. Метод периодического нагрева в нелинейном режиме	87
5.1. Система исходных уравнений	87
5.2. Вторая гармоника колебаний температуры плоского зонда	92
5.3. Влияние градиента среднего поля температур на первую гармонику температурных колебаний плоского зонда	97
5.4. Амплитуда третьей гармоники температурных колебаний плоского зонда	100
5.5. Нелинейные факторы, влияющие на измерение величины g	101

5.6. Экспериментальное исследование нелинейных колебаний температуры.....	105
5.7. Сопоставление экспериментальных данных для амплитуды второй гармоники колебаний температуры плоского зонда	114
6. Исследование жидких смесей, релаксирующих сред пирозлектриков.....	121
6.1. Исследование теплопроводности смесей нормальных жидкостей	121
6.1.1. Теория метода измерения тепловых свойств смесей	121
6.1.2. О величине диффузионной теплопроводности в жидких смесях.....	125
6.1.3. Избыточное тепловое сопротивление жидких смесей.....	129
6.2. Тепловая спектроскопия	135
6.3. Температурные волны в пирозлектриках.....	145
7. Реализация метода периодического нагрева в экспериментальных установках	147
7.1. Экспериментальная реализация зондового варианта метода периодического нагрева.....	147
7.1.1. Электрическая схема установки зондового варианта метода периодического нагрева (3 ω -метод)	147
7.1.2. Связь измеряемых электрических величин с амплитудой и фазой температурных колебаний зонда.....	151
7.1.3. Поправки к основным формулам теории электрической схемы.....	155
7.1.4. Пути снижения амплитуды колебаний температуры зонда.....	160
7.1.5. Погрешности измерения тепловых свойств жидкостей методом периодического нагрева цилиндрического зонда.....	164
7.2. Аппаратурно-методические вопросы теплофизических исследований методом периодического нагрева в системе контактирующих тел.....	169
7.2.1. Способы учета и измерения термических параметров контактных зазоров между телами.....	169
7.2.2. Рекомендации по исследованию характеристик теплопереноса в капиллярно-пористых средах.....	173
7.2.3. Расчет основных конструктивных и режимных параметров теплофизической аппаратуры	180
7.2.4. Установка и методика измерения тепловых свойств пористых сред при фильтрации в них жидкостей.....	184
7.2.5. Камера высокого давления и температуры для определения тепловых свойств горных пород.....	188
Л и т е р а т у р а.....	190