

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

*Ю.В. Светлов*

# ПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*расчет теплофизических  
характеристик на основе  
теории макроквантования*

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

серия основана в 1996 г.



**Ю.В. СВЕТЛОВ**

# **ПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ: РАСЧЕТ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МАКРОКВАНТОВАНИЯ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

**znanium**

электронно-библиотечная система

Москва  
ИНФРА-М  
2025

**УДК 538.9(075.8)**  
**ББК 30.362я73**  
**С24**

**Светлов Ю.В.**

**С24** Пористые материалы: расчет теплофизических характеристик на основе теории макроквантования : учебное пособие / Ю.В. Светлов. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 300 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1995198.

ISBN 978-5-16-018394-7 (print)

ISBN 978-5-16-111421-6 (online)

В учебном пособии изложены физические основы и выполнены расчеты основных теплофизических и термовлажностных характеристик пористых материалов: теплоизоляционных, текстильных, пищевых. Расчетный анализ базируется на основных положениях квантово-макроскопического механизма движения энергии в материальной среде и концепции ее субстанциональности, а также на представлениях о квантово-термодинамических флуктуациях, виртуальных фотоне и фононе, механизме релаксации в макроячейке и др. На базе указанных физических идей выполнен ряд решений, в частности, получены уравнения для коэффициентов тепло- и массопроводности, позволяющие определять внутреннюю эффективную поверхность смачивания материала и находить ее связь с основными физконстантами материала. На базе предложенного метода и полученных расчетных уравнений анализируются термовлажностные режимы теплоизоляционных, текстильных, пищевых материалов, изделий, продуктов.

Для студентов высших учебных заведений теплотехнического и химико-технологического профиля, а также для специалистов, работающих в соответствующих проектных и научно-исследовательских организациях текстильной, легкой, пищевой отраслей промышленности, холодильной и криогенной техники.

**УДК 538.9(075.8)**  
**ББК 30.362я73**

ISBN 978-5-16-018394-7 (print)  
ISBN 978-5-16-111421-6 (online)

© Светлов Ю.В., 2024

# Оглавление

<b>Условные обозначения .....</b>	<b>3</b>
<b>Введение .....</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1. Исследование механизма теплопроводности на основе макроквантового термодинамического метода .....</b>	<b>10</b>
1.1. Квантово-термодинамические флуктуации.....	10
1.2. Коэффициент теплопроводности с позиций механизма макроквантования.....	13
1.3. Виртуальный фотон .....	17
1.4. Основные термодинамические соотношения, используемые в механизме квантования. Виртуальный фонon.....	19
1.5. Физическая природа фона.....	21
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>30</i>
<b>Глава 2. Физическая модель макроквантового механизма переноса .....</b>	<b>31</b>
2.1. Геометрическая картина системы макроячеек.....	31
2.2. Коллективная (переносная) скорость частиц в макроячейке.....	34
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>39</i>
<b>Глава 3. Коэффициент теплопроводности как результат механизма макроквантования термодинамических параметров .....</b>	<b>41</b>
3.1. Вывод расчетных уравнений.....	41
3.2. Проверка адекватности квантово-термодинамического (макроквантового) уравнения для коэффициента теплопроводности .....	45
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>54</i>
<b>Глава 4. Экспериментальное исследование эффективной теплопроводности текстильных материалов .....</b>	<b>56</b>
4.1. Общая характеристика текстильных материалов.....	56
4.2. Аналитические зависимости коэффициента теплопроводности пористых материалов от их структурных характеристик.....	60
4.3. Характеристика исследованных текстильных материалов.....	65
4.3.1. Хлопчатобумажные ткани .....	65
4.3.2. Шерстяные ткани.....	67
4.3.3. Синтетические ткани .....	69
4.4. Анализ результатов экспериментального исследования теплофизических свойств текстильных материалов на основе квантово-термодинамического уравнения .....	72
4.4.1. Теплоемкость и теплопроводность исследованных тканей .....	73
4.4.2. Анализ параметров макроквантового уравнения теплопроводности на примере исследованных тканей.....	93
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>104</i>

<b>Глава 5. Обобщение и сравнительный анализ результатов исследования теплопроводности материалов капиллярно-пористой и волокнистой структуры .....</b>	<b>105</b>
5.1. Зависимость эффективного коэффициента теплопроводности от объемной плотности материалов.....	106
5.2. Комплексное влияние плотности и удельной теплоемкости на эффективную теплопроводность материалов.....	117
5.3. Влияние объемного формфактора $k_v$ и температурного коэффициента $k_T$ .....	119
5.4. Коэффициент релаксации $K$ , как параметр механизма макроквантования .....	120
5.5. Единые закономерности эффективных параметров. Термодинамический и эффективный объемы макроячейки.....	125
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>137</i>
<b>Глава 6. Массопроводность материалов капиллярно-пористой структуры с позиций макроквантовой физики.....</b>	<b>138</b>
6.1. Квантово-термодинамическое уравнение для расчета эффективного коэффициента массопроводности .....	138
6.2. Эффективная поверхность пористого материала .....	141
6.3. Результаты экспериментального исследования массообменных характеристик кож .....	143
6.4. Анализ и обобщение опытных данных с помощью макроквантового термодинамического уравнения .....	148
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>154</i>
<b>Глава 7. Экспериментальное исследование массопроводности пористых материалов .....</b>	<b>156</b>
7.1. Экспериментальный метод определения коэффициента массопроводности пористых проницаемых текстильных материалов.....	156
7.2. Лабораторная установка. Техника эксперимента.....	160
7.3. Обсуждение результатов и оценка на их основе макроквантового термодинамического метода.....	161
7.4. Проверка адекватности квантово-термодинамического уравнения массопроводности на основе изотерм сорбции.....	171
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>185</i>
<b>Глава 8. Инженерный метод расчета полей влагосодержания в пористых материалах и изделиях.....</b>	<b>186</b>
8.1. Некоторые особенности процесса массопереноса в пористом материале.....	186
8.2. Расчетные кинетические уравнения .....	188
8.3. Использование результатов исследования в расчетной практике. Построение полей влагосодержания .....	192
8.3.1. Термовлажностный режим в хлопковой ткани .....	193
8.3.2. Термовлажностный режим в обуви.....	200
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>203</i>
<b>Глава 9. Расчетный анализ термовлажностных процессов в пищевых материалах на основе макроквантового термодинамического метода.....</b>	<b>204</b>
9.1. Общая характеристика пищевых материалов.....	204
9.2. Метод и пример расчета.....	205

9.3. Обсуждение результатов .....	216
<i>Контрольные вопросы</i> .....	226

**Глава 10. Примеры расчетов коэффициентов  
теплопроводности и эффективной внутренней  
поверхности теплопереноса пористых материалов  
на основе макроквантового термодинамического метода ..... 227**

10.1. Основные сведения .....	227
10.2. Физические основы макроквантового термодинамического метода .....	228
10.3. Расчет параметров теплопроводности .....	230
10.3.1. Квантово-термодинамические расчетные уравнения .....	230
10.3.2. Блок-схема расчета. Диаграмма $k_f, k_T = f(t)$ . Исследованные группы материалов .....	235
10.3.3. Проведение практического занятия. Примеры расчетов .....	235
10.4. Расчет параметров массопроводности .....	243
10.4.1. Расчетные уравнения. Блок-схема расчета .....	243
10.5. Проведение практического занятия .....	250

**Список использованной литературы ..... 253**

**Приложения..... 266**

Приложение 1. Расчетные параметры эффективной поверхности и объемов макроячейки для исследованных образцов тканей .....	266
Приложение 2. Функциональные параметрические зависимости для исследованных образцов текстильных материалов .....	274
Приложение 3. Исследованные пищевые материалы .....	282