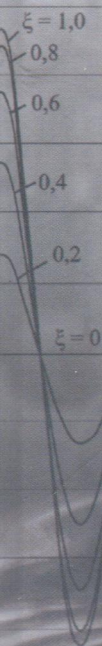


И. В. Кудинов, В. А. Кудинов, А. В. Еремин, С. В. Колесников

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В ДВИЖУЩИХСЯ ЖИДКОСТЯХ



ЛАНЬ®

**И. В. КУДИНОВ,
В. А. КУДИНОВ,
А. В. ЕРЕМИН,
С. В. КОЛЕСНИКОВ**

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В ДВИЖУЩИХСЯ ЖИДКОСТЯХ

Монография

Под редакцией заслуженного деятеля науки РФ,
доктора физико-математических наук, профессора Э. М. Карташова



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР
2019

ББК 39.77
К 88

Кудинов И. В., Кудинов В. А., Еремин А. В., Колесников С. В.
К 88 Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях: Монография / Под ред. Э. М. Карташова. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 208 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-1837-4

Рассмотрены вопросы построения математических и компьютерных моделей трубопроводных систем различного назначения. Излагаются инженерные методы нахождения решений задач нестационарной теплопроводности, позволяющие получать эффективные точные и приближенные аналитические решения. С помощью интегрального метода теплового баланса на основе введения фронта температурного возмущения и при использовании дополнительных граничных условий получены аналитические решения задач теплообмена в жидкостях, включая динамический и тепловой пограничные слои. Представлены результаты получения и анализа точных аналитических решений гиперболических уравнений, описывающих распространение гидравлической волны с конечной скоростью.

Книга может быть полезной для научно-технических работников, специализирующихся в области математики, теплофизики, а также для преподавателей и студентов технических вузов.

Издается в авторской редакции

ББК 39.77

Рецензенты:

- А. И. ДОВГЯЛЛО — доктор технических наук, профессор кафедры «Теплотехника и тепловые двигатели» Самарского государственного аэрокосмического университета;
В. П. РАДЧЕНКО — доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой «Прикладная математика и информатика» Самарского государственного технического университета.

Зав. редакцией инженерно-технической литературы *Т. Ф. Гаврильева*

ЛР № 065466 от 21.10.97

Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028 от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»

lan@lanbook.ru; www.lanbook.com. 196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 1, лит. А.
Тел.: (812) 412-92-72, 336-25-09. Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

ГДЕ КУПИТЬ

ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ:

по России и зарубежью

«ЛАНЬ-ТРЕЙД». 196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 1, лит. А. Тел.: (812) 412-85-78, 412-14-45, 412-85-82; тел./факс: (812) 412-54-93. e-mail: trade@lanbook.ru; ICQ: 446-869-967.
www.lanbook.com

в Москве и в Московской области

«ЛАНЬ-ПРЕСС». 109387, Москва, ул. Летняя, д. 6
тел.: (499) 722-72-30, (495) 647-40-77; e-mail: lanpress@lanbook.ru

в Краснодаре и в Краснодарском крае

«ЛАНЬ-ЮГ». 350901, Краснодар, ул. Жлобы, д. 1/1. Тел.: (861) 274-10-35; e-mail: lankrd98@mail.ru

ДЛЯ РОЗНИЧНЫХ ПОКУПАТЕЛЕЙ:

Издательство «Лань»: <http://www.lanbook.com>
магазин электронных книг:
Global F5: <http://globalf5.com/>

Подписано в печать 13.09.14. Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 70×100 1/16.
Печать офсетная. Усл. п. л. 16,90.

Заказ №

Отпечатано в ОАО «Первая образцовая типография», филиал «Чеховский Печатный Двор»
в полном соответствии с качеством предоставленных материалов
142300, Московская обл., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1. Тел.: (495) 988-63-76, факс: 8 (496) 726-54-10

Обложка
Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2019
© Коллектив авторов, 2019
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Расчет кольцевых разветвленных гидравлических сетей с помощью компьютерных моделей	10
1.1. Назначение и задачи гидравлического расчета	10
1.2. Основные расчетные зависимости для определения потерь давления	10
1.3. Пьезометрические графики	12
1.4. Схемы присоединения абонентов к тепловой сети	15
1.5. Гидравлические сети с повысительными, понизительными и смесительными насосными подстанциями	18
1.6. Гидравлические характеристики насосов и сети	20
1.7. Построение кривой экономии мощности при использовании насоса с регулируемым приводом	23
1.8. Теоретические основы расчета кольцевых разветвленных гидравлических сетей	24
1.9. Основные принципы разработки и построения компьютерных моделей гидравлических сетей	28
1.10. Применение компьютерных моделей для мониторинга систем теплоснабжения больших городов	32
1.11. Проектирование гидравлических сетей с помощью компьютерных моделей	42
1.12. Применение компьютерных моделей для анализа циркуляционных систем ТЭС	55
Глава 2. Математическое моделирование теплообмена при течении жидкости в трубах и плоских каналах	63
2.1. Расчет теплообмена при стержневом течении в плоскопараллельном канале	63
2.2. Теплообмен в плоском канале при параболическом распределении скорости	81
2.3. Нестационарный теплообмен в цилиндрическом канале при ламинарном течении жидкости	95
2.4. Теплообмен при течении Куэтта с учетом теплоты трения	115
2.5. Применение ортогональных методов взвешенных невязок к расчету теплообмена при течении жидкости в плоских каналах	124
2.6. Применение ортогональных методов взвешенных невязок к расчету теплообмена при течении жидкости в цилиндрических каналах	128

Глава 3. Аналитические решения уравнений теплового и динамического пограничных слоев	132
3.1. Гидродинамическая теория теплообмена.....	132
3.2. Динамический пограничный слой.....	135
3.3. Тепловой пограничный слой.....	137
3.4. Аналитические решения уравнений динамического пограничного слоя.....	138
3.5. Аналитические решения уравнений теплового пограничного слоя при граничных условиях первого рода на стенке.....	149
3.6. Аналитические решения уравнений теплового пограничного слоя при граничных условиях третьего рода на стенке.....	158
Глава 4. Аналитические решения гиперболических уравнений для краевых задач гидродинамики	163
4.1. Аналитические решения гиперболических уравнений движения при разгонном течении Куэтта.....	163
4.2. Распределение давлений по длине трубопровода в условиях гидравлического удара.....	181
4.3. Анализ распределения скоростей в условиях гидравлического удара.....	192
4.4. Математическое моделирование упругих продольных волн в жидкости с учетом ее релаксационных свойств.....	193
Библиографический список	206