

С. Л. Деменок, В. В. Медведев, С. М. Сивуха

# **ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН В ШАРОВЫХ УКЛАДКАХ**

Учебное пособие для вузов

**СТРАТА**

Санкт-Петербург  
2018

УДК 532.546:536.24  
ББК 30.124:31.31  
Д30

Рецензенты:

Кафедра теплофизических основ судовой энергетики Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (зав. кафедрой, доктор технических наук, профессор А. Н. Дядик), доктор технических наук, профессор В. Л. Ерофеев

**Д30 Деменок С. Л., Медведев В. В., Сивуха С. М.**

**Гидродинамика и теплообмен в шаровых укладках: монография. – СПб.: Страта, 2018. – 192 с.**

ISBN 978-586983-090-6

В учебном пособии рассмотрены вопросы, связанные с применением шаровых укладок в теплообменных и технологических устройствах и аппаратах. Особое внимание уделено анализу влияния на гидродинамику и теплообмен геометрических параметров шаровых укладок, как регулярных, так и случайных. На основании проведенных экспериментальных исследований и анализа данных других авторов предложены зависимости для учета воздействия дополнительных факторов: числа рядов в укладке; ограждающих проницаемых поверхностей; градиента потока и температурного фактора.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению "Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта", по программам "Судовые энергетические установки", "Судовое оборудование", "Двигатели внутреннего сгорания", а также для специалистов, занимающихся разработкой, модернизацией и эксплуатацией судовых энергетических установок

Ил. 71. Табл. 22. Библиогр.: 295 назв.

ISBN 978-586983-090-6

© С. Л. Деменок, 2012  
© В. В. Медведев, 2012  
© С. М. Сивуха, 2012

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ. А. В. Федоров. Исследования процессов тепло- и массообмена – путь к энергосбережению</b>	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION</b>	<b>10</b>
<b>ГЛАВА I. СТРУКТУРА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАРОВЫХ УКЛАДОК</b>	<b>15</b>
1.1. Регулярные шаровые укладки	15
1.2. Случайные шаровые укладки	23
1.3. Основные геометрические характеристики шаровых укладок в цилиндрических каналах	27
<b>ГЛАВА II. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ШАРОВЫХ УКЛАДОК</b>	<b>31</b>
2.1. Гидродинамика обтекания шаров в засыпке	31
2.1.1. Состояние вопроса	31
2.1.2. Динамическая модель течения несжимаемой сплошной среды в шаровом слое	34
2.1.3. Модель обтекания одиночного шара в засыпке	43
2.2. Гидравлическое сопротивление при малом отношении диаметра канала к диаметру шара	53
2.3. Определение коэффициента проницаемости анизотропных пористых сред	60
2.4. Гидравлическое сопротивление тонкослойных шаровых укладок в зоне градиентного течения	63
2.5. Гидравлическое сопротивление ограниченных перфорированными пластинами регулярных шаровых укладок	72
2.6. Определение перепада давления на пористом слое коллекторных теплообменников	81

<b>ГЛАВА III. ТЕПЛООБМЕН В ШАРОВЫХ УКЛАДКАХ.....</b>	<b>85</b>
3.1. Теплоотдача замороженного шара .....	85
3.2. Обобщение опытных данных по конвективному теплообмену в укладках шаров .....	90
3.3. Конвективный теплообмен в двухрядных засыпках с регулярными укладками шаров .....	106
3.3.1. Влияние числа рядов на теплоотдачу неограниченных кубических шаровых укладок. ....	106
3.3.2. Влияние проницаемости стенок на теплоотдачу тонкослойных шаровых укладок .....	110
3.3.3. Влияние ускорения теплоносителя на среднюю теплоотдачу шаровых укладок .....	117
3.4. Анализ влияния температурного фактора на гидравлическое сопротивление и теплоотдачу в каналах с шаровыми засыпками . .	120
3.5. Использование теории размерности для оценки влияния на теплообмен течения через шаровой слой с перетечкой вдоль слоя. ....	127
3.6. Фактор аналогии Рейнольдса в шаровых укладках .....	128
3.7. Теплообмен при малом отношении диаметра канала к диаметру шара. ....	133
<b>ГЛАВА IV. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШАРОВ И ИХ УКЛАДОК ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА .....</b>	<b>139</b>
4.1. Тепловая и энергетическая эффективность шаровых укладок .....	139
4.2. Примеры использования шаров и шаровых укладок для интенсификации тепло- и массообмена .....	143
4.3. Некоторые вопросы термозодинамического моделирования элементов энергетического оборудования. ....	160
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION.....</b>	<b>167</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ .....</b>	<b>172</b>
Список литературы к главе I .....	172
Список литературы к главе II. ....	175
Список литературы к главе III .....	181
Список литературы к главе IV .....	189
Перечень авторских публикаций, не вошедших в списки литературы к главам монографии .....	190