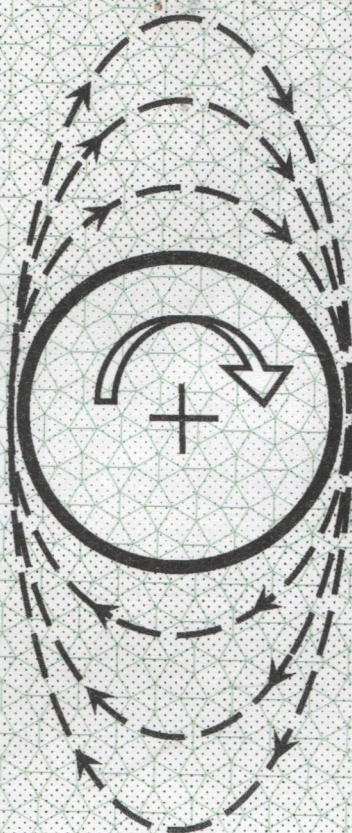


**В.М. ШАПОВАЛОВ**



**ПРОЦЕССЫ ТЕПЛО –  
И МАССОПЕРЕНОСА  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ  
ОБОРУДОВАНИИ**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.М. ШАПОВАЛОВ

ПРОЦЕССЫ  
ТЕПЛО – И МАССОПЕРЕНОСА  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

*Монография*



Волгоград  
2015

Рецензенты:

зав. кафедрой прикладной математики и информатики Волжского гуманитарного института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Волгоградский государственный университет", кандидат физико-математических наук, доцент *А.А. Полковников*, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики и информатики Волжского гуманитарного института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Волгоградский государственный университет" *И. Ю. Мирецкий*

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Волгоградского государственного технического университета

**Шаповалов В.М.** Процессы тепло – и массопереноса в технологическом оборудовании: монография/В.М. Шаповалов; ВПИ (филиал) ВолГТУ. – Волгоград: ИУНЛ ВолГТУ, 2015. – 305 с.

ISBN 978-5-9948-1689-9

В книге с единых позиций рассматриваются математические модели течений и тепло - массообмена вязких и неньютоновских жидкостей в технологическом оборудовании. Анализируются стационарные и нестационарные режимы течения с учетом проницаемости стенки и собственного веса жидкости. Представлены результаты анализа течений, теплообмена и массопереноса различных технологических процессов. Приведены постановки и аналитические решения новых нелинейных задач. Обнаружены и описаны новые гидродинамические эффекты.

Монография будет полезна специалистам химической, машиностроительной и приборостроительной промышленности, аспирантам и студентам, обучающимся по специальности 241000.62 "Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" при составлении математических моделей и преподавателями вузов при составлении курса лекций по теоретическим основам переработки полимеров и тепло - массопереносу.

ISBN 978-5-9948- 1689-9

Илл. 131. Табл. 11. Библиогр.: 117 назв.

© Волгоградский государственный  
технический университет, 2015  
© Волжский политехнический  
институт, 2015  
© Автор, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение .....	6
<b>ГЛАВА 1. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ</b>	
1.1. Течения в сходящихся каналах с подвижными стенками.....	7
1.1.1. Течение аномально вязкой жидкости при значительной фрикции.....	8
1.1.2. Валковое течение при отрицательной фрикции .....	12
1.1.3. Механические и тепловые эффекты в валковом диспергаторе.....	18
1.1.4. Нестационарное течение вязкой жидкости в криволинейном зазоре двух вращающихся цилиндров.....	24
1.1.5. Ступенчатая модель течения в резиномесителе.....	37
1.1.6. Течение вязкой жидкости в клинообразном зазоре с подпружиненной стенкой .....	46
1.1.7. Течение аномально вязкой жидкости в клинообразном зазоре с подпружиненной стенкой.....	51
1.1.8. Нанесение вязкой жидкости упругой раклей.....	57
1.1.9. Нанесение жидкости Оствальда – де Вилля упругой раклей.....	67
1.2. Гидродинамика фрикционного (кругового) насоса.....	74
1.2.1. Результирующая сила давления на ротор.....	82
1.2.2. Течение и теплообмен аномально вязкой жидкости в зазоре между вращающимися и неподвижным дисками при неоднородном давлении на периметре.....	83
1.2.3. Расчет фрикционного насоса.....	91
1.2.4. Использование фрикционного насоса в качестве датчика вязкости.....	92
1.2.5. О других возможных областях применения фрикционного насоса.....	93
1.3. Восходящее фильтрационное движение тяжелой жидкости в вертикальном полупроницаемом цилиндре.....	95
1.4. Математическая модель червячного водоотделителя.....	102
1.5. Слив вязкой жидкости из конического сосуда.....	110
1.6. Гидродинамическое равновесие шарика в изогнутой трубке.....	115
1.7. Струйные течения капельной жидкости.....	122
1.7.1. Элонгационное течение тяжелой вязкой жидкости.....	122
1.7.2. Гидродинамические закономерности струйного абсорбера.....	126
1.7.3. О форме свободной струи тяжелой капельной жидкости в потоке газа.....	129
1.8. Течение вязкой жидкости в центробежной форсунке.....	133
1.9. Оптимальный профиль сходящегося канала.....	137
1.10. Гидродинамика фильтра-сгустителя.....	145
1.10.1. Постановка задачи.....	145
1.10.2. Зависимость вязкости суспензии	

от концентрации дисперсной фазы.....	150
1.10.3. Анализ задачи.....	151
1.10.4. Расчёт потребляемой мощности.....	156
1.10.5. Оптимизация процесса.....	158
1.11. Течение вязкой жидкости в сегменте двухшнекового экструдера.....	159
Литература.....	171

## **ГЛАВА 2. ПРОЦЕССЫ ТЕПЛО – И МАССОПЕРЕНОСА**

2.1. Модель противоточной конвективной сушилки.....	176
2.2. Нестационарный режим работы теплообменника.....	182
2.3. Саморазогрев в камере резиносмесителя.....	188
2.4. Нестационарная теплопроводность и вулканизация цилиндра с эксцентрическим отверстием.....	190
2.5. Нестационарная теплопроводность многослойной пластины.....	196
2.6. Диссипативный нагрев при перемешивании волоконнаполненных полимерных систем.....	201
2.7. Температурные напряжения в процессе охлаждения полимерного покрытия трубы.....	206
2.7.1. Постановка задачи.....	206
2.7.2. Охлаждение полимерного покрытия на поверхности трубы.....	206
2.7.3. Решение задачи нестационарной теплопроводности двухслойной пластины.....	209
2.7.4. Численный анализ модели температурного поля.....	211
2.7.5. Температурные напряжения в покрытии.....	217
2.7.6. Постановка задачи термоупругости.....	217
2.7.7. Решение задачи.....	220
2.7.8. Анализ модели температурных напряжений.....	224
2.8. Неизотермические эффекты в сегменте двухшнекового экструдера.....	236
2.8.1. Неизотермические эффекты при транспортировке среды Шведова-Бингама двухшнековым экструдером.....	243
2.9. Модель экстрактора периодического действия.....	252
2.10. Методика расчёта противоточного двухступенчатого распыливающего абсорбера с рециркуляцией абсорбента.....	258
2.11. Решение коэффициентных задач при наличии экспериментального материала.....	263
2.12. Процессы нестационарной теплопроводности.....	266
2.12.1. Нестационарная теплопроводность пластины.....	268
2.12.2. Нестационарная теплопроводность неограниченного цилиндра.....	273
2.12.3. Нестационарная теплопроводность шара при граничных условиях 3-го рода.....	277
2.13. Отдельные задачи стационарной теплопроводности.....	281

2.13.1. Стационарная теплопроводность пластины при граничных условиях первого рода.....	281
2.13.2. Стационарная теплопроводность полого цилиндра при граничных условиях первого рода.....	283
2.13.3. Стационарная теплопроводность полого шара при граничных условиях первого рода.....	284
2.13.4. Теплопроводность двухслойной пластины (граничное условие четвёртого рода).....	285
2.13.5. Теплопроводность пластины при граничном условии третьего рода.....	287
2.13.6. Теплопроводность пластины при граничном условии второго рода.....	289
2.13.7. Электрический нагрев жидкости.....	291
2.13.8. Охлаждение сосуда с жидкостью на воздухе.....	292
2.13.9. Теплопроводность пластины при граничных условиях третьего рода (теплопередача).....	293
Литература.....	296
Приложение. Упрощения и постановка задач механики .....	299