

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Казанский государственный технологический  
университет»

*Ф.Р.ГАБИТОВ*

**ТЕРМОВЛАЖНОСТНЫЕ  
И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ  
ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
И УСТАНОВКИ**

**Учебное пособие**

**Казань  
КГТУ  
2007**

УДК 66.045.1 (075.8)

ББК 35.112-51я73

Г 12

**Габитов, Ф.Р.**

Термовлажностные и низкотемпературные теплотехнологические процессы и установки: учебное пособие/ Ф.Р. Габитов.— Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007.— 189 с.

ISBN 978-5-7882-0425-3

Составлено в соответствии с программой дисциплины «Термовлажностные и низкотемпературные теплотехнологические процессы и установки».

Рассмотрены физические основы и методы расчета промышленных тепло- и массообменных процессов, описаны конструкции типовых аппаратов.

Предназначено для студентов всех форм обучения по специальности 14010565 «Энергетика теплотехнологии».

Подготовлено на кафедре теоретических основ теплотехники.

Ил.76. Библиогр.: 35 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного технологического университета.

Под редакцией проф. Ф.М.Гумерова.

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. А.Г.Лаптев,  
канд. техн. наук, проф. Ф.Н.Дресвянников.

ISBN 978-5-7882-0425-3

© Ф.Р.Габитов, 2007.

© Казанский государственный  
технологический университет,  
2007.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

В в е д е н и е		7
Глава 1	ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛИ	8
Глава 2	КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ АППАРАТУРЫ	13
Глава 3	РЕКУПЕРАТИВНЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ	15
3.1	Классификация рекуперативных теплообменников	15
	Двухтрубчатый теплообменник	16
	Кожухотрубчатый теплообменник	16
	Змеевиковый теплообменник	19
	Оросительный теплообменник	20
	Специальный теплообменник	20
3.2.	Расчет рекуперативного теплообменника периодического действия	21
	Расчет аппарата с паровым обогревом	21
	Виды расчета теплового оборудования	25
	Алгоритм проектировочного расчета рекуперативного теплообменника рубашечного типа с паровым подогревом	25
	Расчет рекуперативного теплообменника периодического действия с жидкостным обогревом	25
	Пример расчета рекуперативного теплообменника периодического действия с жидкостным обогревом	31
Глава 4	Регенеративные теплообменники. Классификация. Конструкции	41

4.1.	Регенеративный теплообменник непрерывного действия с зернистым материалом	41
4.2.	Непрерывно действующий регенеративный теплообменник с вращающейся насадкой	43
4.3.	Конструкции насадок регенеративных теплообменников	44
4.4.	Регенеративные теплообменники периодического действия	45
4.5.	Расчёт регенеративного теплообменника периодического действия	49
	Коэффициент теплопередачи	52
	Коэффициент теплоотдачи регенеративного теплообменника	54
4.6.	Пример расчета регенеративного теплообменника непрерывного действия	56
Глава 5	<b>СМЕСИТЕЛЬНЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ</b>	60
5.1.	Классификация смесительных теплообменников по направлению потока массы	60
5.2.	Классификация смесительных теплообменников по принципу разделения жидкости	62
	Насадочные смесительные теплообменники	62
	Каскадные смесительные теплообменники	64
	Тарельчатые смесительные теплообменники	66
	Барбатажные теплообменники	67
	Полые с разбрызгивателями теплообменники	68
	Струйные (инжекторные)	69

	теплообменники	
5.3.	Тепловой расчет насадочных и полых смесительных теплообменников	70
5.4.	Определение мощности продувания газа и прокачивания жидкости в смесительном теплообменнике	74
5.5.	Последовательность проектирования смесительных теплообменников	76
5.6.	Пример теплового расчета насадочно - смесительного теплообменника	83
Глава 6	<b>ВЫПАРНЫЕ АППАРАТЫ</b>	92
6.1.	Назначение, принцип действия, способы экономии тепла при выпаривании	92
6.2.	Температурная физико-химическая депрессия $\Delta_T$	96
6.3.	Температурная гидростатическая депрессия $\Delta_{гс}$	97
6.4.	Температурная гидравлическая депрессия $\Delta_{ги}$	99
6.5.	Некоторые свойства растворов	102
6.6.	Порядок расчета выпарной установки	103
6.7.	Пример расчета выпарной установки	106
Глава 7	<b>h-d ДИАГРАММА ДЛЯ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА</b>	120
7.1.	Назначение. Построение основных линий	120
7.2.	Построение основных процессов на h-d диаграмме	123
7.3.	Взаимодействие воздуха с влажным материалом в изобарно-адиабатическом процессе. Изображение этого процесса на h-d диаграмме. Температура мокрого термометра. Предел охлаждения воздуха	128
Глава 8	<b>СУШКА</b>	131
8.1.	Равновесие в процессах сушки	134
8.2.	Формы связи влаги с материалом	134

	8.3.	Сушилки	135
		Сушилки для контактной сушки	135
		Сушилки для сушки газовым теплоносителем	139
	8.4.	Построение рабочей линии сушки на $h-d$ диаграмме	142
Глава 9.		РЕКТИФИКАЦИЯ	146
	9.1.	Конструкция ректификационной колонны	148
		Колонны с неорганизованным переливом жидкости	148
		Тарельчатые колонны с переливными устройствами	149
	9.2.	Режимы работы тарельчатых ректификационных аппаратов	153
	9.3.	Расчет ректификационной установки	154
		Основные положения	154
		Метод теоретических тарелок для расчета ректификационной колонны	159
		Экспериментальное определение действительного числа тарелок ректификационных колонн	165
		Метод кинетической кривой для определения действительного числа тарелок ректификационных колонн	166
	9.4.	Пример расчета ректификационной колонны	170
		Библиографический список	181
		ПРИЛОЖЕНИЯ	186