

УДК 66.02:532.527  
ББК 34.7  
М82

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Казанского национального исследовательского технологического университета*

*Рецензенты:*

*д-р техн. наук, проф. Л. Г. Григорян  
д-р техн. наук, доц. Р. Г. Сафиуллин*

**Москалев Л. Н.**

**М82** Процесс контактной конденсации в аппарате смешения вихревого типа : монография / Л. Н. Москалев, С. И. Поникаров; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2018. – 160 с.

ISBN 978-5-7882-2489-3

Посвящена изучению процесса тепломассообмена в вихревых контактных аппаратах. Изложены результаты физических экспериментов и моделирования в универсальном моделирующем пакете ChemCAD и в программном обеспечении Wolfram Mathematica процессов контактной конденсации в аппарате вихревого типа, а также распыливания жидкостей центробежной форсункой с винтовым завихрителем.

Предназначена для бакалавров, магистров и аспирантов направлений подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудования», 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». Будет также интересна научным и инженерным работникам, изучающим вопросы моделирования технологических систем и процессов, протекающих в тепломассообменном оборудовании.

Подготовлена на кафедре машин и аппаратов химических производств.

**УДК 66.02:532.527  
ББК 34.7**

ISBN 978-5-7882-2489-3

© Москалев Л. Н., Поникаров С. И., 2018  
© Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	6
Глава 1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНТАКТНЫХ АППАРАТОВ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ. ГИДРОДИНАМИКА В КОНТАКТНЫХ АППАРАТАХ ВИХРЕВОГО ТИПА .....	9
1.1. Обзор и классификация теплообменных контактных аппаратов.....	9
1.2. Существующие конструкции контактных аппаратов .....	12
1.2.1. Вихревые контактные аппараты.....	26
1.2.2. Конденсаторы смешения.....	35
1.3. Гидродинамическая модель закрученного потока газа (пара) в контактном аппарате вихревого типа .....	47
Глава 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КОНДЕНСАЦИИ В КОНТАКТНОМ КОНДЕНСАТОРЕ ВИХРЕВОГО ТИПА И РАСПЫЛИВАНИЯ ВОДЫ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКОЙ С ВИНТОВЫМ ЗАВИХРИТЕЛЕМ .....	52
2.1. Экспериментальные исследования процесса конденсации в контактном конденсаторе вихревого типа .....	52
2.1.1. Описание экспериментальной установки.....	52
2.1.2. Конструктивная характеристика экспериментальной установки контактного конденсатора вихревого типа .....	55
2.1.3. Методика проведения экспериментов .....	62
2.1.4. Оценка погрешности эксперимента .....	72

2.1.5. Результаты оценки погрешностей экспериментальных измерений в аппарате вихревого типа .....	73
2.2. Экспериментальные исследования процесса распыливания воды центробежной форсункой с винтовым завихрителем .....	76
2.2.1. Описание экспериментальной установки .....	76
2.2.2. Методика проведения экспериментов .....	78
2.2.3. Результаты экспериментальных исследований .....	79
2.2.4. Результаты оценки погрешностей экспериментов исследований процесса распыливания воды центробежной форсункой с винтовым завихрителем малой производительности .....	84
<b>Глава 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНДЕНСАЦИИ ПАРА НА КАПЛЕ РАСПЫЛЕННОЙ СТРУИ ЖИДКОСТИ.....</b>	<b>86</b>
3.1. Постановка и формулировка задачи для отдельной капли в контактном конденсаторе вихревого типа .....	88
3.2. Численное исследование распределения скоростей и давления пара в закрученном потоке аппарата .....	90
3.3. Характеристика дисперсности капель распыленной жидкости из центробежной форсунки с винтовым завихрителем .....	92
3.4. Поведение полидисперсного закрученного потока жидкой фазы в контактном конденсаторе вихревого типа .....	95
3.4.1. Устойчивость капель к деформациям и разрушениям .....	95
3.4.2. Движение капли в газовом потоке .....	97
3.4.3. Тепломассообмен одиночной капли .....	100
3.5. Результаты и обсуждения численного моделирования движения капли в закрученном потоке пара .....	104

Глава 4. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНОГО КОНДЕНСАТОРА ВИХРЕВОГО ТИПА. СОПОСТАВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С РАСЧЕТНЫМИ ДАННЫМИ .....	106
4.1. Описание модели контактного конденсатора вихревого типа в моделирующем пакете ChemCAD .....	106
4.2. Анализ влияния температуры охлаждающей жидкости на производительность контактного конденсатора вихревого типа	108
4.3. Энтальпийная эффективность контактного конденсатора вихревого типа.....	121
Глава 5. ПРИМЕНЕНИЕ КОНТАКТНОГО КОНДЕНСАТОРА ВИХРЕВОГО ТИПА В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	127
5.1. Описание технологической схемы абсорбции процесса производства технического формалина .....	127
5.2. Описание компьютерной модели поглощения метанола и формальдегида из контактного газа .....	129
5.3. Проверка адекватности модели поглощения метанола и формальдегида из контактного газа .....	132
5.4. Результаты применения контактного конденсатора вихревого типа в процессе абсорбции технического формалина .....	137
Заключение.....	143
Библиографический список .....	145