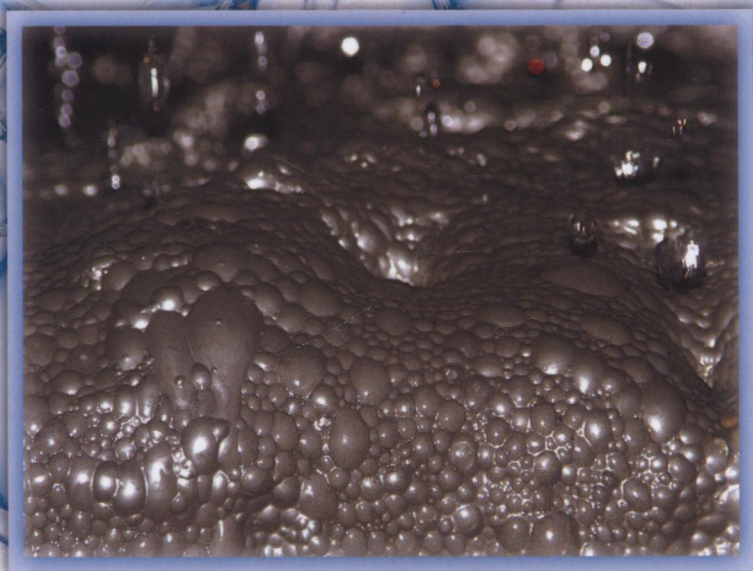


# **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕХНИКА ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ ПЕНЫ**



**А.Г. Ветошкин**



**Инфра-Инженерия**

**А.Г. Ветошкин**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
И ТЕХНИКА ПРОЦЕССОВ  
СЕПАРАЦИИ ПЕНЫ**

Москва-Вологда  
Инфра-Инженерия  
2016

УДК 66.069.89: 663.14.036

ББК 24.1

**В39**

**Ветошкин А.Г.**

**В39** Физические основы и техника процессов сепарации пены : научн. изд. /  
А.Г.Ветошкин. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 404 с.

ISBN 978-5-9729-0111-1

Рассмотрены физико-химические основы процессов, лежащие в основе сепарации пены на исходные фазы при воздействии физико-механических факторов и различных физических полей, включая акустическое, электрическое и термическое. Большое внимание уделяется капиллярным свойствам пены, гидромеханическим процессам течения и разрушения пены в каналах и в окрестности твердых поверхностей. На основе предложенной классификации механических пеногасителей подробно рассмотрены вопросы моделирования и расчета процессов разделения и разрушения пены в статических и динамических пеногасителях. С учетом предложенных моделей приведены методики и примеры расчета механических пеногасителей различных типов, даны анализ их работы и технико-экономическая оценка.

Рассмотрены механизмы акустического, электрического и термического воздействий на пенную структуру, приведена укрупненная оценка их эффективности.

Большое внимание уделено рассмотрению конструкций физико-механических пеногасителей и вопросов применения различных способов и устройств для механического и физического пеногашения в технологических процессах.

Книга может представлять интерес для специалистов различных отраслей промышленности: нефтедобывающей, горнорудной, химической, пищевой, химико-фармацевтической, строительной, для студентов вузов различных направлений подготовки. Материалы книги могут быть применены при проектировании технологических процессов и оборудования, где используются газо-жидкостные системы.

© Ветошкин А.Г., 2016

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2016

ISBN 978-5-9729-0111-1

Посвящается моему учителю — академику РАН  
Алексю Митрофановичу Кутепову

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1. Капиллярная гидродинамика пены.....</b>	<b>5</b>
1.1. Модели гидропроводности пены.....	5
1.2. Гидропроводность полидисперсной пены.....	18
<b>Глава 2. Реологические свойства пены.....</b>	<b>25</b>
2.1. Реологические модели пены.....	25
2.2. Гидродинамическая идентификация реологии пены.....	35
2.3. Реологическая модель пены с учетом синерезиса.....	39
2.4. Экспериментальные исследования реологии пены.....	43
<b>Глава 3. Гидродинамика и гидромеханика пены.....</b>	<b>57</b>
3.1. Конвективный синерезис в потоке пены.....	57
3.2. Гидродинамические характеристики течения пены.....	65
3.3. Течение пены в трубопроводах.....	71
3.4. Режимы течения пены в сопловых насадках.....	81
3.5. Реомеханические свойства пены.....	94
<b>Глава 4. Классификация способов и устройств для гашения пены.....</b>	<b>104</b>
4.1. Основные способы ограничения пенообразования и гашения пены.....	104
4.2. Обобщенная классификация механических пеногасителей.....	105
4.3. Классификация статических фильтрующих, гидромеханических и струйных пеногасителей.....	109
4.4. Классификация динамических роторных пеногасителей.....	111
4.5. Основы статической и динамической сепарации пены.....	114
<b>Глава 5. Моделирование и расчет статических фильтрующих и гидромеханических пеногасителей.....</b>	<b>120</b>
5.1. Моделирование и расчет осадительных фильтрующих пеноразделителей.....	120
5.2. Моделирование и расчет процессов разделения пены в гидромеханических пеногасителях.....	129
5.2.1. Разрушение пены в трубопроводах и сопловых насадках.....	131
5.2.2. Циклонирование пены и газовой эмульсии.....	135
<b>Глава 6. Моделирование и расчет струйных пеногасителей.....</b>	<b>148</b>
6.1. Моделирование и расчет пеногасителей с продольно-круглой струей.....	149

6.2. Расчет пеногасителя с радиально-верной струей.....	155
6.3. Расчет инжекционного пароструйного пеногасителя.....	161
<b>Глава 7. Моделирование и расчет роторных деформационных пеногасителей.....</b>	<b>172</b>
7.1. Оценка параметров лопастных пеногасителей.....	172
7.2. Моделирование и расчет дисковых пеногасителей.....	181
7.3. Расчет параметров барабанных пеногасителей.....	199
<b>Глава 8. Моделирование и расчет центробежных роторно-тарельчатых пеноразделителей.....</b>	<b>208</b>
8.1. Осаждение жидкости из пены в центробежном поле.....	211
8.2. Теоретические основы процесса центробежного разделения пены.....	217
8.3. Гидродинамика пены в центробежном роторно-тарельчатом пеногасителе.....	223
8.4. Взаимодействие потоков в центробежном пеногасителе с коническими тарелками.....	227
8.5. Расчет основных параметров центробежных роторно-тарельчатых пеноразделителей.....	234
<b>Глава 9. Анализ работы механических пеногасителей.....</b>	<b>248</b>
9.1. Анализ условий работы механических пеногасителей.....	248
9.2. Автоколебательная модель процесса при механическом пеногашении.....	255
9.3. Анализ эффективности работы механических пеногасителей.....	262
<b>Глава 10. Сферы применения и оценка технико-экономической эффективности оборудования для сепарации пены.....</b>	<b>271</b>
10.1. Области применения механических пеногасителей.....	271
10.2. Критерии и показатели эффективности работы механических пеногасителей.....	274
10.3. Оценка технико-экономической эффективности механических пеногасителей.....	283
<b>Глава 11. Физические методы пеногашения.....</b>	<b>289</b>
11.1. Классификация физических методов и устройств для пеногашения..	289
11.2. Закономерности физических воздействий на газожидкостные системы.....	291
11.2.1. Механизм акустического воздействия на пену.....	292
11.2.2. Влияние электрического поля на устойчивость газожидкостных систем.....	296
11.2.3. Термический и термодинамический способы разделения пены.....	301
11.3. Основы расчета физических пеногасителей.....	304
11.4. Эффективность физических методов разделения пены.....	305
11.5. Физико-химические способы пеногашения.....	316

<b>Глава 12. Техника и технология сепарации пены.....</b>	<b>319</b>
12.1. Гидромеханические пеногасители.....	319
12.2. Струйные пеногасители.....	333
12.3. Роторные пеногасители.....	340
12.3.1. Дисковые пенорегуляторы.....	344
12.3.2. Центробежные пеноразделители.....	348
12.3.3. Барабанные пеноразрушители.....	354
12.4. Комбинированные механические пеногасители.....	359
12.5. Способы и конструкции устройств и аппаратов для разделения пены физическими методами.....	363
12.5.1. Акустические деаэраторы-пеногасители.....	363
12.5.2. Электрические устройства-пеногасители.....	367
12.5.3. Термические пеногасители.....	377
<b>Заключение.....</b>	<b>382</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>384</b>