

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.П. БЕЛОУСОВ

ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МНОГОФАЗНЫХ ПОТОКОВ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2011

УДК 532.529 : 535.3(075.8)
Б 438

Рецензенты:

В.А. Арбузов, д-р техн. наук, гл. научн. секретарь ИТ СО РАН;
В.А. Хрусталеv, д-р техн. наук, проф.

Белоусов А.П.

Б 438 Оптическая диагностика многофазных потоков : учеб. пособие / А.П. Белоусов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. – 227 с.

ISBN 978-5-7782-1696-9

Пособие содержит систематическое и вместе с тем доступное изложение методов изучения многофазных сред. Особое внимание уделяется экспериментальной диагностике и физике рассматриваемых явлений, методам интерпретации изображений дискретной фазы (корреляционный анализ, измерение геометрических параметров) и применению их к реальным физическим потокам.

Предназначено для студентов старших курсов, магистрантов и аспирантов технических университетов, специализирующихся в области тепловой и атомной энергетики, авиационной и космической техники, химической технологии, а также для специалистов в области прикладной оптики и измерительной техники.

УДК 532.529 : 535.3(075.8)

ISBN 978-5-7782-1696-9

© Белоусов А.П., 2011
© Новосибирский государственный
технический университет, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МНОГОФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ	6
1.1. Математическое описание многофазных систем	6
1.1.1. Модели многофазных систем.....	7
1.1.2. Общая форма законов сохранения.....	8
1.1.3. Законы сохранения.....	10
1.1.4. Универсальные условия совместности на границе раздела фаз в общей форме	23
1.2. Численное моделирование многофазных потоков	30
1.2.1. Прямое численное моделирование многофазных течений.....	30
1.2.2. Приближенное моделирование	36
1.3. Экспериментальное изучение многофазных потоков.....	36
1.3.1. Бесконтактные методы.....	37
1.3.2. Контактные методы.....	51
Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОНАСЫЩЕННОЙ ИМПАКТНОЙ СТРУИ МЕТОДОМ PIV/LIF	61
2.1. Динамика пузырьковых течений.....	64
2.1.1. Движение сферы в идеальной жидкости.....	64
2.1.2. Обтекание твердой сферы вязкой жидкостью при $Re \ll 1$	66
2.1.3. Экспериментальные наблюдения за движением газовых пузырьков в жидкости	68
2.1.4. Закономерности движения сферических пузырей (капель) в жидкости при $Re \ll 1$	71
2.1.5. Газовые пузырьки в жидкости при $Re > 1$	73
2.1.6. Дробление пузырей	77
2.1.7. Нестационарное движение частиц.....	78

2.1.8. Влияние концентрации на уравнения движения частиц	80
2.1.9. Эффект Марагони.....	82
2.1.10. Сила Бьеркнеса.....	83
2.1.11. Частицы и турбулентность	83
2.2. Описание экспериментальной установки и метода измерения	86
2.3. Анализ дисперсного состава газожидкостного потока	88
2.4. Пространственное распределение объемного содержания газовой фазы.....	95
2.5 Анализ влияния дисперсной фазы на гидродинамические характеристики потока	101
2.6. Статистический анализ вихревых образований	114
2.6.1. Методы идентификации вихревых структур	114
2.6.2. Влияние дисперсной фазы на турбулентную структуру осесимметричной импактной струи.....	120
Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ШАРОВЫХ ЗАСЫПКАХ	132
3.1. Оптические свойства одиночной шаровой линзы	134
3.2. Исследование возможности применения элементов шаровой засыпки для передачи изображения	142
3.3. Движение пленки жидкости по поверхности одиночной сферы	148
3.4. Изучение пленочного течения жидкости в кубической упаковке шаров.....	177
Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОКАПЕЛЬНЫХ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ	189
4.1. Характеристики газожидкостного факела	191
4.2. Классификация способов распыливания жидкостей	194
4.3. Распад пленок и струй при различных способах диспергирования	197
4.4. Дробление и коалесценция капель.....	201
4.5. Гидродинамика газожидкостного факела распыленной жидкости	208
4.6. Экспериментальное определение характеристик дисперсности струи распыленной жидкости	215
4.7. Исследование струйного газокапельного потока	216
Библиографический список.....	225