

УДК 532.517:519.635:621.4:626.01:627.838
ББК 30.123
М 33

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

Р е ц е н з е н т ы:

доктор технических наук *А.Е. Асарин*, главный эксперт отдела водного хозяйства и охраны окружающей среды ОАО «Институт Гидропроект»;
доктор технических наук *Н.В. Ханов*, профессор кафедры гидравлики
Московского государственного университета природообустройства

Авторы:

В.К. Ахметов, В.В. Волшаник, А.Л. Зуйков, Г.В. Орехов

*Монография рекомендована к публикации
научно-техническим советом МГСУ*

М 33 Моделирование и расчет контрвихревых течений : монография / В.К. Ахметов и [др.] ; под ред. А.Л. Зуйкова ; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». – Москва : МГСУ, 2012. – 252 с.

ISBN 978-5-7264-0618-3

Рассматривается движение спутных коаксиальных циркуляционно-продольных потоков жидкости со взаимно противоположным вращением. Такое течение называется контрвихревым и применяется в современных технологиях микробиологической и химической промышленности, в гидротехнике, гидроэкологии, энергетике, двигателестроении. Рассмотрены вопросы математического и численного моделирования контрвихревых течений, а также гидравлика таких потоков, в том числе методики гидравлических расчетов сооружений и оборудования, основанных на их использовании.

Для научных и инженерно-технических работников, аспирантов и студентов старших курсов.

УДК 532.517:519.635:621.4:626.01:627.838
ББК 30.123

ISBN 978-5-7264-0618-3

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2012

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТРВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ	11
1.1. Гидродинамика циркуляционных течений	11
1.1.1. Особенности циркуляционного движения жидкости	12
1.1.2. Уравнения движения вязкой жидкости	17
1.1.3. Модели вязких циркуляционных течений	21
1.1.3.1. Винтовое течение. Поток Громеки—Бельтрами	22
1.1.3.2. Квазипотенциальное течение	24
1.1.3.3. Равномерное течение. Профиль Куэтта	31
1.1.3.4. Цилиндрическое течение	35
1.1.3.5. Ползущее течение	36
1.1.3.6. Вихрь Бюргерса—Бэтчелора	45
1.1.3.7. Вязкий вихрь по Фурье—Бесселю	50
1.2. Гидродинамика контрвихревых течений	60
1.2.1. Кинематическая структура течения в активной зоне	60
1.2.1.1. Распределение азимутальных скоростей	62
1.2.1.2. Распределение аксиальных скоростей	69
1.2.1.3. Распределение радиальных скоростей	89
1.2.1.4. Функция тока и области рециркуляции	92
1.2.2. Вихревая структура течения в активной зоне	94
1.2.3. Тензор вязких напряжений	98
1.2.4. Гидродинамическая устойчивость течения в активной зоне	103
2. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТРВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ	114
2.1. Уравнения в переменных вихрь — азимутальная скорость — функция тока	114
2.2. Постановка задачи	118
2.3. Вычислительные алгоритмы	120
2.3.1. Метод решения уравнения Пуассона для функции тока	120
2.3.2. Аппроксимация конвективных членов в уравнениях переноса	128
2.3.3. Конечно-разностная схема для решения уравнений переноса	132
2.3.4. Аппроксимация граничных условий для завихренности	136
2.4. Результаты расчетов полей течения	138
2.5. Верификация расчетов по экспериментальным данным	147
2.6. Взаимодействие соосных закрученных потоков в контрвихревом гасителе	152

3. ГИДРАВЛИКА КОНТРВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ	180
3.1. Общая гидравлическая схема контрвихревого устройства	180
3.2. Гидравлика локальных завихрителей	185
3.2.1. Конструкции локальных завихрителей	185
3.2.2. Гидравлическое сопротивление локальных завихрителей	189
3.2.3. Пропускная способность локальных завихрителей	194
3.2.4. Характеристики потока на входе и выходе завихрителя	201
3.2.5. Плавно изменяющееся движение безнапорного кольцевого закрученного потока в цилиндрическом канале	203
3.2.6. Особенности расчета безнапорных локальных завихрителей	213
3.3. Гидравлика активной зоны	218
3.3.1. Расчет характеристик течения на выходе активной зоны	218
3.3.2. Расчет длины активной зоны	222
3.4. Обратная задача гидравлического расчета контрвихревых сооружений и оборудования	226
3.4.1. Основы проектирования контрвихревых систем	226
3.4.2. Особенности расчета аэраторов и эжекторов	229
3.4.3. Особенности расчета смесителей и водосбросов	234
Библиографический список	239