

УДК 533.6:628.5  
ББК 38.762.201  
Л 69

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор *В. Н. Посохин*,  
заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции КГАСУ  
доктор физико-математических наук, профессор *А. В. Сетуха*,  
ведущий научный сотрудник НИВЦ МГУ им. М. В. Ломоносова

**Логачёв И. Н., Логачёв К. И., Аверкова О. А.**

Энергосбережение в аспирации: теоретические предпосылки и рекомендации. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013. — 504 с.

Монография посвящена вопросам уменьшения объемов аспирации и, на этой основе, снижению энергопотребления аспирационных установок на предприятиях по переработке сыпучих материалов строительной индустрии, горной и пищевой промышленности. Книга содержит новейшие теоретические предпосылки и практические рекомендации по уменьшению расхода воздуха, эжектируемого потоком частиц в желобах и поступающего в аспирационные укрытия через неплотности. Изложены закономерности рециркуляции воздуха в желобах при различных схемах байпасирования зон избыточного давления и разрежения, показана высокая эффективность внутреннего рецикла на энергосбережение вентиляционных установок. Исследованы течения воздуха на входе во всасывающие каналы и даны рекомендации по снижению утечек воздуха в укрытиях. Уделено внимание и вопросам снижения пылеуноса в аспирационные системы, а также уменьшению аэродинамического сопротивления входа во всасывающие отверстия за счет их профилирования по найденным границам.

Книга предназначена для конструкторов и проектировщиков высокого класса, работающих в области обеспыливающей вентиляции, экологии и энергосбережения, а также для аспирантов и студентов старших курсов соответствующих специальностей технических вузов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (проект НШ-588.2012.8), РФФИ (проект № 12-08-97500-р\_центр\_а), программы стратегического развития БГТУ им. В. Г. Шухова (проект А-10/12).

**ISBN 978-5-93972-959-8**

**ББК 38.762.201**

© И. Н. Логачёв, К. И. Логачёв, О. А. Аверкова, 2013

© НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013

<http://shop.rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	9
<b>Введение</b> .....	13
В1. Общие принципы минимизации объемов аспирации при перегрузках сыпучих материалов.....	14
В.2. Совершенствование конструктивных решений по энергосбережению при локализации пылевыведений в узлах перегрузок ленточных конвейеров.....	22
В.2.1. Конструкции энергосберегающих устройств в желобах .....	23
В.2.2. Герметизационные системы аспирационных укрытий .....	33
В.2.3. Снижение выноса пылевидных фракций материала из укрытий .....	38
В.3. Выводы .....	40
<b>ЧАСТЬ I. РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ЭЖЕКТИРУЕМОГО ВОЗДУХА В ЖЕЛОБАХ</b> .....	41
<b>Основные условные обозначения</b> .....	43
<b>ГЛАВА 1. Особенности эжекции воздуха в перфорированном канале с байпасной камерой</b> .....	59
1.1. Одномерные уравнения динамики эжектируемого и рециркулируемого воздуха .....	59
1.2. Линеаризация уравнений относительного движения эжектируемого воздуха в перфорированной трубе .....	65
1.3. Численные исследования .....	68
1.3.1. Оценка граничных условий .....	68
1.3.2. Частный случай эжекции воздуха в трубе с непроницаемыми стенками ( $E = 0$ ) .....	71
1.3.3. Осреднение функций и упрощение уравнений.....	78
1.3.4. Особенности численного исследования .....	82

1.3.5. Линеаризация уравнения абсолютного движения эжектируемого воздуха .....	85
1.3.6. Сопоставление результатов интегрирования .....	90
1.4. Особенности рециркуляции воздуха в перегрузочном желобе с комбинированной байпасной камерой .....	97
1.4.1. Исходные уравнения .....	97
1.4.2. Частный случай байпасирования неперфорированного желоба .....	102
1.4.3. Эффективность комбинированного байпасирования .....	108
1.5. Выводы .....	118
<b>ГЛАВА 2. Эжекция воздуха в пористой трубе при линейном перетекании .....</b>	<b>121</b>
2.1. Пористая труба без байпаса .....	122
2.1.1. Уравнения одномерного течения эжектируемого воздуха в пористой трубе .....	122
2.1.2. Результаты исследований .....	126
2.2. Пористая труба с байпасной камерой .....	133
2.2.1. Аналитические решения .....	133
2.2.2. Численные исследования .....	135
2.2.3. Результаты исследований .....	137
2.2.3.1. Особенности рециркуляции .....	138
2.2.3.2. Изменение скорости эжектируемого воздуха .....	144
2.2.3.3. Изменение давлений .....	149
2.3. Выводы .....	151
<b>ГЛАВА 3. Особенности эжекции воздуха при элеваторных перегрузках .....</b>	<b>155</b>
3.1. Изменение эжекционного напора в желобах при переменном коэффициенте лобового сопротивления падающих частиц .....	155
3.2. Эжектирующие свойства норий .....	162
3.3. Перетекание воздуха по герметичным кожухам элеватора .....	173
3.4. Выводы .....	184

<b>Глава 4. Снижение объемов аспирации элеваторных перегрузок зерна .....</b>	<b>187</b>
4.1. Аэродинамическая характеристика ковшей элеватора.....	187
4.2. Особенности расчетной схемы аспирации элеваторных перегрузок.....	192
4.3. Объемы аспирации.....	199
4.4. Снижение необходимых объемов аспирации при байпасировании элеваторных перегрузок.....	205
4.5. Выводы.....	226

## **ЧАСТЬ II. ОТРЫВНЫЕ И ВИХРЕВЫЕ ТЕЧЕНИЯ В АСПИРАЦИОННЫХ КАНАЛАХ..... 231**

<b>ГЛАВА 1. О формах отрывных областей на входе во всасывающие каналы.....</b>	<b>233</b>
1.1. Некоторые расчетные соотношения метода дискретных вихрей для плоских и осесимметричных вихревых нестационарных течений .....	233
1.2. Расчет вихревого течения у щелевидного отсоса, расположенного над прямым двухгранным углом .....	239
1.3. Расчет течения на входе в щелевидное всасывающее отверстие, свободно расположенное в пространстве .....	246
1.4. Расчет течений на входе в щелевидный отсос-раструб, свободно расположенный в пространстве .....	253
1.5. Расчет течения на входе в круглый отсос-раструб, свободно расположенный в пространстве.....	262
1.6. Экспериментальное исследование течения у щелевидного профилированного отсоса-раструба .....	266
1.7. Расчет течения у круглого отсоса-раструба, экранированного приточной кольцевой турбулентной струей .....	272
1.8. Расчет вихревых течений на входе в щелевые неплотности аспирационных укрытий .....	276
1.8.1. Постановка задачи .....	280
1.8.2. Вывод основных расчетных соотношений.....	281
1.8.3. Описание разработанной компьютерной программы .....	284

1.8.4. Моделирование вихревых течений в аспирационном укрытии с щелевой неплотностью, снабженной механическими экранами .....	289
1.9. Выводы .....	295
<b>ГЛАВА 2. Снижение пылеуноса в аспирационную сеть .....</b>	<b>299</b>
2.1. Вывод основных расчетных соотношений .....	299
2.1.1. Безвихревая модель течения .....	299
2.1.2. Вихревые течения в областях с вращающимися цилиндрами-отсосами .....	303
2.2. Модельные задачи .....	309
2.2.1. Расчет максимального диаметра пылевых частиц от укрытия с одинарными стенками .....	311
2.2.2. Расчет максимального диаметра пылевых частиц от укрытия с двойными стенками .....	312
2.2.3. Расчет максимального диаметра пылевых частиц от укрытия с двойными стенками, снабженного вращающимся цилиндром .....	314
2.2.4. Расчет максимального диаметра пылевых частиц от укрытия с двойными стенками, снабженного двумя вращающимися цилиндрами .....	320
2.2.5. Расчет максимального диаметра пылевых частиц от укрытия с двойными стенками, снабженного вращающимся цилиндром и цилиндром-отсосом .....	320
2.3. Моделирование динамики пылевых частиц в пульсирующих потоках .....	321
2.4. Моделирование динамики полифракционной аэрозоли в аспирационном укрытии .....	328
2.4.1. Исследования изменения дисперсного состава и концентрации пылевых частиц во вращающемся цилиндре-отсосе, расположенном в аспирационном укрытии .....	328
2.4.2. О поведении пылевой аэрозоли в аспирационном укрытии стандартной конструкции .....	333
2.5. Выводы .....	341
<b>ГЛАВА 3. Моделирование движения воздуха, поступающего через неплотности аспирационных укрытий, без учета отрыва потока .....</b>	<b>345</b>

3.1. Влияние конструктивных параметров на равномерность поля скоростей в проеме .....	346
3.1.1. Влияние угла раскрытия границ течения .....	346
3.1.2. Влияние толщины стенок.....	351
3.2. Влияние местного отсоса на равномерность поля скоростей в проеме.....	359
3.2.1. Роль асимметрии в размещении местного отсоса .....	359
3.2.2. Деформация гидродинамического поля при совместном действии местного отсоса и острых границ течения .....	364
3.3. Выводы.....	371
<b>ГЛАВА 4. Моделирование отрыва потока на входе в выступающий плоский всасывающий канал.....</b>	<b>373</b>
4.1. Расчет течения методом конформных отображений (МКО).....	373
4.2. Расчет на основе метода дискретных вихрей (МДВ).....	382
4.3. Расчет методом RANS .....	384
4.4. Экспериментальное исследование .....	386
4.5. Результаты расчета и их обсуждение .....	388
4.6. Выводы.....	394
<b>ГЛАВА 5. Математическое моделирование влияния экрана на величину аэродинамического сопротивления всасывающей щели .....</b>	<b>395</b>
5.1. Вывод расчетных соотношений .....	395
5.2. Результаты расчета и их обсуждение .....	407
5.3. Выводы.....	414
<b>ГЛАВА 6. Моделирование струйного течения воздуха при входе в плоский канал с козырьком и непроницаемым экраном .....</b>	<b>415</b>
6.1. Построение расчетных соотношений .....	415
6.2. Результаты расчета и их обсуждение.....	423
6.3. Выводы.....	428
<b>ГЛАВА 7. Закономерности отрывного течения при входе в выступающий канал с экранами .....</b>	<b>429</b>
7.1. Вывод расчетных соотношений .....	429

7.2. Результаты исследований.....	451
7.3. Выводы.....	454
<b>ГЛАВА 8. Моделирование отрывных течений с использованием стационарных дискретных вихрей.....</b>	<b>457</b>
8.1. Отрыв течения на входе в плоский выступающий всасывающий канал.....	457
8.1.1. Основные расчетные соотношения и алгоритм расчета.....	458
8.1.2. Результаты расчета и их обсуждение.....	464
8.2. Отрыв течения на входе в плоский всасывающий канал, в спектре действия которого находится тонкий профиль при бесциркуляционном его обтекании .....	466
8.2.1. Вывод основных расчетных соотношений.....	466
8.2.2. Исследование отрывного течения на входе в плоский канал с двумя козырьками .....	470
8.3. О циркуляционном и безударном обтекании профилей, находящихся в спектре действия плоского всасывающего канала .....	473
8.3.1. Описание вычислительного метода .....	473
8.3.3. Описание установки для натурного эксперимента .....	479
8.3.4. Исследование отрывного течения на входе в выступающий канал с вертикальным профилем. ....	480
8.4. Об отрывном обтекании профилей, находящихся в спектре действия всасывающего канала.....	488
8.4.1. Вычислительный алгоритм.....	488
8.4.2. Результаты расчета и их обсуждение.....	493
8.5. Выводы.....	494
<b>Библиографический список.....</b>	<b>497</b>