

УДК 533.601.16  
ББК 22.253.315  
К89

Рецензенты:

*В. М. Лебедев*, д.т.н., профессор,  
профессор кафедры «Теплоэнергетика» ОмГУПС,  
заслуженный энергетик РФ;

*Н. С. Галдин*, д.т.н., профессор,  
зав. кафедрой «Гидромеханика» СибАДИ

**Кузнецов, В. И.**

К89      Физическая и математическая модели рабочего процесса вихревой трубы : монография / В. И. Кузнецов, В. В. Макаров ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2018. – 232 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-2671-5

Описан эффект Ранка, разработаны физическая и математическая модели рабочего процесса вихревой трубы. Доказано, что количество удельной работы, совершаемой осевыми слоями газа над периферийными в вихревой трубе, определяется полной температурой подогретого потока, отношением полных давлений подогретого и охлажденного потоков газа, а также их теплофизическими свойствами.

Книга рассчитана на научных и инженерно-технических работников, занимающихся исследованием вихревого эффекта и разработкой новых конструкций вихревых труб, а также на студентов, изучающих курс аэрогазодинамики.

УДК 533.601.16  
ББК 22.253.315

*Печатается по решению научно-технического совета  
Омского государственного технического университета.  
Протокол № 11 от 26.06.2018 г.*

ISBN 978-5-8149-2671-5

© ОмГТУ, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТА РАНКА .....	8
2. ТЕЧЕНИЕ ГАЗА В СОПЛОВОМ СЕЧЕНИИ.....	9
3. УЧЕТ ВЯЗКОСТИ В ПОТОКЕ ГАЗА .....	17
4. РАСЧЕТ ЭНЕРГООБМЕНА МЕЖДУ ОСЕВЫМ И ПЕРИФЕРИЙНЫМ ПОТОКАМИ ГАЗА В ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ.....	18
5. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА В ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ .....	19
6. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ГАЗА В ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ .....	29
7. ЭНЕРГООБМЕН В ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ СИЛАМИ ВЯЗКОСТИ.....	42
8. КРИТЕРИАЛЬНАЯ БАЗА ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА РАНКА .....	48
9. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗА В ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ .....	54
10. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ПОТОКОМ .....	61
10.1. Метод визуализации газового потока.....	61
10.2. Описание экспериментальной установки .....	63
10.3. Методика проведения экспериментального исследования .....	67
10.4. Погрешность замера параметров .....	68
10.5. Результаты экспериментального исследования.....	70
10.6. Выводы по главе 7 .....	88
11. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ И ВЛИЯНИЕ НЕАДИАБАТНОСТИ НА ИХ ВЕЛИЧИНУ .....	88
11.1. Виды воздействий на газ в вихревой трубе .....	88
11.2. Возможные профили рабочей камеры вихревой трубы .....	89
11.3. Расчет основных параметров гиперболы, огибающей линии вращающегося потока газа на выходе из тангенциального сопла .....	103
11.4. Вид кривой второго порядка, описывающей образующую линию вращающегося потока газа на выходе из диафрагмы охлажденного потока.....	109
11.5. Расчет основных параметров гиперболы, огибающей линии вращающегося потока на выходе из диафрагмы.....	116
11.6. Математическая модель охлаждаемой противоточной вихревой трубы .....	125

12. НЕАДИАБАТНЫЕ ВИХРЕВЫЕ ТРУБЫ, РАБОТАЮЩИЕ НА ГАЗАХ, ПОДЧИНЯЮЩИХСЯ ОСНОВНЫМ ЗАКОНАМ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ .....	142
12.1. Анализ состояния вопроса и постановка задачи исследования .....	143
12.1.1. Вихревые трубы для охлаждения и нагрева.....	145
12.2. Физические модели неадиабатной вихревой трубы, работающей на газе, подчиняющей основным законам газовой динамики .....	150
12.3. Математическая модель неадиабатной (охлаждаемой) вихревой трубы.....	151
12.4. Методика расчета оптимальных параметров неадиабатной (охлаждаемой) вихревой трубы .....	165
12.5. Результаты расчета оптимальных параметров неадиабатной вихревой трубы.....	182
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	185
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	187
I. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ .....	189
II. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ РАЗМЕРАМ.....	201
III. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕАДИАБАТНОЙ (ОХЛАЖДАЕМОЙ) ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ГАЗЕ, ПОДЧИНЯЮЩЕМСЯ ОСНОВНЫМ ЗАКОНОМ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ .....	212