

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

Д.А. Онохин, А.Н. Орехов, Э.Н. Сабуров

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ В ЦИКЛОННОЙ КАМЕРЕ

Учебное пособие

*Под редакцией доктора технических наук,
профессора Э.Н. Сабурова*

Архангельск
САФУ
2018

УДК 536.244/253:621.783.233.3
ББК 31.16
О-59

*Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом
Северного (Арктического) федерального университета
имени М.В. Ломоносова*

Рецензенты:

*В.А. Ванин, генеральный директор ЗАО «Архгипродрев»;
О.Б. Колибаба, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Энергетика
теплотехнологий и газоснабжение» ИГЭУ им. В.И. Ленина (г. Иваново)*

Онохин, Д.А.

О-59 Исследование теплоотдачи в циклонной камере: учебное пособие / Д.А. Онохин, А.Н. Орехов, **Э.Н. Сабуров**; под ред. д-ра техн. наук, проф. Э.Н. Сабурова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2018. – 123 с.: ил.
ISBN 978-5-261-01327-3

Рассмотрены вопросы методики, содержания и порядка проведения исследований по теплоотдаче на боковой поверхности рабочего объема циклонной камеры, обработки и обобщения опытных данных, оценки погрешностей измерений.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

ISBN 978-5-261-01327-3

© Онохин Д.А., Орехов А.Н., Сабуров Э.Н.,
2018

© Северный (Арктический) федеральный
университет им. М.В. Ломоносова, 2018

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

D_k – диаметр рабочего объема циклонной камеры;

L_k – длина рабочего объема циклонной камеры;

$d_{\text{вых}}$ – диаметр выходного отверстия камеры;

$h_{\text{вх}}$ – высота входного канала (шлица);

$f_{\text{вх}}$ – площадь входа потока в камеру (входных каналов);

$Re_{\text{вх}} = v_{\text{вх}} D_k / \nu_{\text{вх}}$ – число Рейнольдса, определенное по входным условиям (входное число Рейнольдса);

$v_{\text{вх}}$ – скорость потока во входных каналах (шлицах) камеры;

v – полная скорость потока в данной точке рабочего объема камеры;

w_ϕ – тангенциальная компонента полной скорости потока;

$\nu_{\text{вх}}$ – кинематический коэффициент вязкости потока во входных каналах (при входных условиях);

$P_{\text{с.д}}, P_{\text{с.п}}, P_{\text{с.вх}}, P_{\text{с.ст}}$ – избыточные статические давления: в контрольных сечениях перед и после измерительного сужающего устройства, во входных каналах, на боковой поверхности (стенке) рабочего объема камеры;

Q_T, Q_0 – теоретический и действительный объемные расходы воздуха;

Q, Q_k, Q_l – тепловой поток: суммарный, конвективный, лучистый;

G – масса конденсата;

$r_{\text{п}}$ – удельная теплота парообразования;

$T_k, T_{\text{ст}}$ – абсолютная температура: поверхности теплообмена калориметра, внутренней поверхности камеры (рабочего объема);

$\epsilon_{\text{пр}}, \epsilon_k, \epsilon_{\text{ст}}$ – степень черноты: приведенная системы, поверхности калориметра, поверхности рабочего объема циклонной камеры;

$l_{\text{р.у}}$ – длина рабочего участка калориметра;

$F_k = \pi D_k l_{\text{р.у}}$ – площадь рабочей поверхности теплообмена калориметра;

$F_{\text{ст}} = \pi D_k L_k$ – площадь боковой поверхности рабочего объема циклонной камеры;

$Nu = \alpha D_k / \lambda_{\text{вх}}$ – число Нуссельта;

α – коэффициент теплоотдачи;

$\lambda_{\text{вх}}$ – коэффициент теплопроводности воздуха при входной температуре (на входе в камеру);

ДТП – датчик теплового потока;

ГДТП – градиентный датчик теплового потока;

эдс – электродвижущая сила.

ВВЕДЕНИЕ

Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» [1] среди важнейших выделила проблему повышения энергоэффективности технологий и оборудования, решение которой во многом зависит от возможностей интенсификации тепломассообменных процессов.

Одним из перспективных способов интенсификации конвективного теплообмена является применение закрученных высокотурбулентных потоков жидкостей и газов [2–6]. Они находят применение в циклонных печах, рекуператорах, вихревых горелках, сушильных камерах, в топках котлоагрегатов, в камерах сгорания газовых турбин, в новых конструкциях теплообменных аппаратов, в химических реакторах для вихревого газодинамического регулирования и стабилизации пламени низкотемпературной плазмы при переработке различных материалов в плазменной среде, в энерготехнологических установках и печах черной и цветной металлургии, в плазменных генераторах, в газовых ядерных реакторах для космической техники, в МГД генераторах вихревого типа и многих других технических устройствах.

Одним из наиболее широко применяемых в промышленных условиях генераторов закрученных потоков являются циклонно-вихревые камеры. Поэтому в процессе изучения дисциплин «Гидрогазодинамика» и «Тепломассообмен» обучающиеся выполняют работы «Исследование аэродинамики циклонной камеры» [7] и «Исследование теплоотдачи цилиндра в закрученном потоке» [8]. В процессе их выполнения обучающиеся подробно знакомятся с общими особенностями закрученного потока, влиянием его на основные аэродинамические характеристики параметров циклонно-вихревой камеры, с приборами и техникой аэродинамического и теплового экспериментов, обработкой и анализом опытных данных. Настоящее учебное пособие является их продолжением и развитием.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ.....	5
1. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ.....	16
3. РАСЧЕТ РАСХОДА ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНУЮ ДИАФРАГМУ.....	20
4. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ ПО КОНВЕКТИВНОМУ ТЕПЛООБМЕНУ.....	28
5. РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ.....	35
6. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЩИТЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	39
7. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ.....	42
8. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	49
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	102
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	121