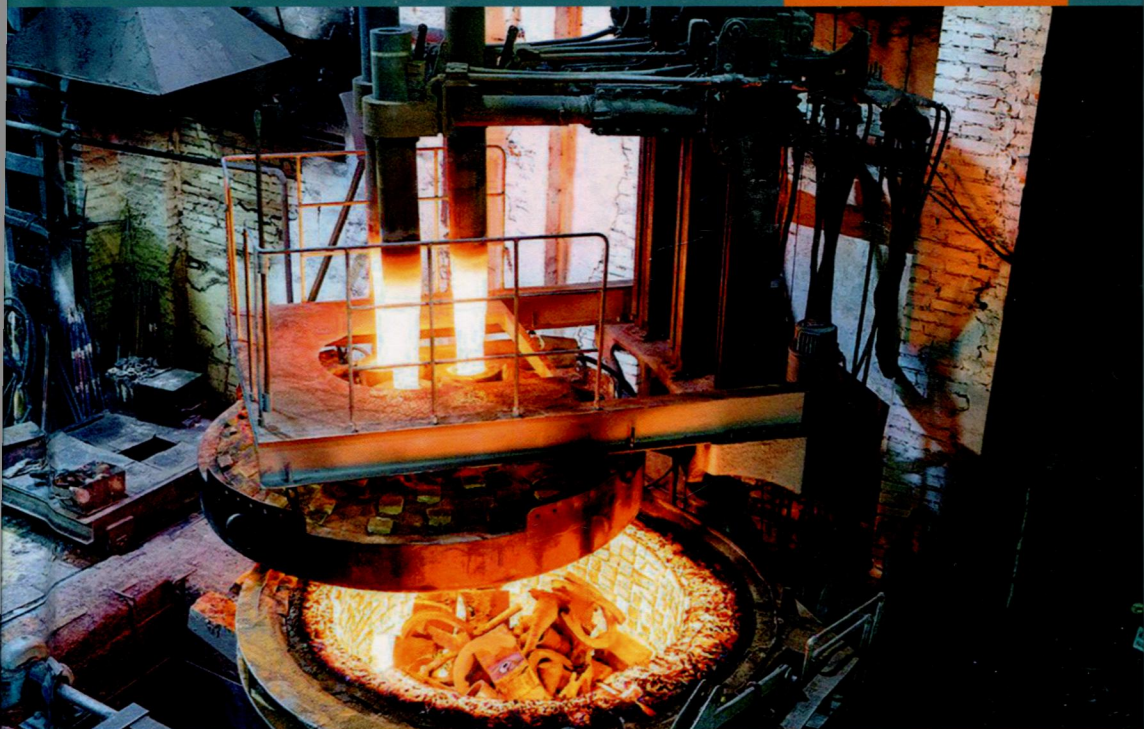


А. Н. Макаров



ТЕПЛООБМЕН В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ
СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ И ФАКЕЛЬНЫХ
НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ,
ТОПКАХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ,
КАМЕРАХ СГОРАНИЯ
ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

А. Н. Макаров

**ТЕПЛООБМЕН В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ
СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ И ФАКЕЛЬНЫХ
НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ,
ТОПКАХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ,
КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ
УСТАНОВОК**

Монография

**Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022**

УДК 621.18
ББК 31.31
М15

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, Президент ОАО «ВТИ»,
член-корреспондент РАН *Г. Г. Ольховский*,
кандидат технических наук, доцент, научный руководитель
ГК «ОРИЕН ТЕХНОЛОДЖИ», лауреат премии
Правительства РФ в области науки и техники *Г. А. Дорофеев*

Макаров, А. Н.

М15 Теплообмен в электродуговых сталеплавильных и факельных нагревательных печах, топках паровых котлов, камерах сгорания газотурбинных установок : монография / А. Н. Макаров. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 452 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0977-3

Изложено научное обоснование открытых законов теплового излучения газовых объемов, приведены примеры их практического использования для расчета теплообмена в электродуговых сталеплавильных и факельных печах, топках, камерах сгорания. Даны рассчитанные на основе научного открытия энергоресурсосберегающие режимы работы печей, топков, камер сгорания. Описаны конструкции инновационных печей, топков, камер сгорания, защищенных патентами на изобретения.

Для персонала металлургических и энергетических компаний, занимающихся организацией эффективной энергоресурсосберегающей работы электродуговых сталеплавильных и факельных нагревательных печей. Может быть полезно конструкторам газотурбинных двигателей самолетов, жидкостных реактивных двигателей, камер сгорания газотурбинных установок, а также преподавателям и студентам университетов.

УДК 621.18
ББК 31.31

ISBN 978-5-9729-0977-3

© Макаров А. Н., 2022
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение	7
Глава первая	
Основы теории теплообмена излучением в печах, топках и камерах сгорания.....	13
1.1. Потоки теплового излучения поверхностей и газовых объемов.....	13
1.2. Законы теплового излучения твердых тел и газовых объемов	26
1.3. Угловые коэффициенты излучения поверхностей и газовых объемов	36
1.4. Методы расчета теплообмена в печах, топках, камерах сгорания в XX–XXI веках	45
1.5. Кризис методов XX века расчета теплообмена в печах, топках, камерах сгорания и его преодоление в XXI веке с открытием законов теплового излучения газовых объемов.....	58
1.6. Законы теплового излучения, фундаментальные законы физики и развитие современной цивилизации	69
Глава вторая	
Геометрическая, физическая и математическая модели электрической дуги и факела как источников теплового излучения в печах, топках, камерах сгорания.....	84
2.1. Электрическая дуга в газе и парах металлов.....	84
2.2. Электрическая дуга в дуговых сталеплавильных печах	92
2.3. Геометрическая, физическая и математическая модель электрической дуги как источника теплового излучения	105
2.4. Характеристики топлива, процесса горения, факела и теплообмена в печах, топках, камерах сгорания.....	123
2.5. Факел и его геометрическая модель как источника теплового излучения в печах, топках, камерах сгорания	133
Глава третья	
Законы теплового излучения газовых объемов и аналитическая модель факела и электрической дуги в печах, топках, камерах сгорания	139
3.1. Законы теплового излучения цилиндрических газовых объемов.....	139
3.2. Пример расчетов по законам теплового излучения цилиндрических газовых объемов.....	147
3.3. Законы теплового излучения сферических газовых объемов	154
3.4. Разработанная на основе научного открытия методика расчета теплообмена в электродуговых и факельных печах, топках, камерах сгорания	164
3.5. Определение угловых коэффициентов излучения цилиндрического источника на параллельные и перпендикулярные плоскости	170
3.6. Определение угловых коэффициентов излучения цилиндрического источника на наклонные плоскости	175
3.7. Определение угловых коэффициентов излучения цилиндрического источника, произвольно расположенного в пространстве, на плоскости	184

Глава четвертая	
Теплообмен в факельных нагревательных печах	198
4.1. Расчеты теплообмена в факельных печах по законам теплового излучения газовых объемов.....	198
4.2. Теплообмен в рекуперативном нагревательном колодце.....	206
4.3. Влияние длины факела на распределение тепловых потоков по горизонтальной поверхности нагрева и по поверхности амбразуры.....	220
4.4. Теплообмен в регенеративном нагревательном колодце.....	227
4.5. Теплообмен в рекуперативном нагревательном колодце с отоплением из центра подины.....	242
Глава пятая	
Теплообмен в топках паровых котлов	254
5.1. Модель факела и расчеты теплообмена в топках в XIX–XX веках.....	254
5.2. Расчеты теплообмена в топках по законам теплового излучения газовых объемов.....	259
5.3. Расчет теплообмена в топке котла ТГМП-314 при подовом и встречном расположении горелок.....	268
5.4. Теплообмен в топке парового котла ТГМП-204.....	277
5.5. Теплообмен в топке парового котла ТГМП-314.....	288
Глава шестая	
Основы теплообмена в камерах сгорания газотурбинных установок	302
6.1. Краткая характеристика камер сгорания.....	302
6.2. Методика расчета теплообмена в камерах сгорания по законам теплового излучения газовых объемов.....	307
6.3. Теплообмен в камере сгорания стационарной газотурбинной установки.....	312
Глава седьмая	
Расчет КПД дуг и его взаимосвязь с электропотреблением в дуговых сталеплавильных печах	326
7.1. Методика расчета теплообмена и КПД дуг в ДСП.....	326
7.2. Расчет и анализ КПД дуг и потребления электроэнергии в печах обычной конструкции и Consteel.....	340
7.3. Расчет и анализ КПД дуг и потребления электроэнергии в печах малой и большой вместимости.....	358
Глава восьмая	
Расчеты теплообмена в дуговых сталеплавильных печах	382
8.1. Результаты исследования влияния расстояния от дуг до стен и высоты слоя шлака на КПД дуг и теплообмен в электропечах.....	382
8.2. Расчеты теплообмена в дуговых сталеплавильных печах ДСП-100 и ДСП-6.....	397
8.3. Влияние задымленности атмосферы, длины дуг на теплообмен в дуговых сталеплавильных печах.....	415
Заключение	433
Список литературы	436