

В. Л. Гусовский  
М. Г. Ладыгичев  
А. Б. Усачев

# СОВРЕМЕННЫЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ ПЕЧИ

*(конструкции  
и технические характеристики)*



**В. Л. Гусовский, М. Г. Ладыгичев, А. Б. Усачев**

**СОВРЕМЕННЫЕ  
НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ  
И  
ТЕРМИЧЕСКИЕ ПЕЧИ**

*(конструкции и технические характеристики)*

**СПРАВОЧНИК**

Под редакцией А.Б. Усачева

«Теплотехник»  
Москва, 2007

УДК 662.9 (083)  
ББК 31.391  
Н 67

Гусовский В. Л., Ладыгичев М. Г., Усачев А. Б. **Современные нагревательные и термические печи (конструкции и технические характеристики):** Справочник / Под ред. А.Б. Усачева. – М.: «Теплотехник», 2007. – 656 с.

Даны основные положения разработки и выбора промышленных печей, включая системы транспортирования металла, отопления, автоматизации и утилизации тепла. Приведены современные типы печей и их элементов: горелочных устройств, радиационных труб, огнеупорной футеровки, рекуператоров, устройств для охлаждения и сушки. Описаны принципы действия и конструкции механического оборудования печей с шагающим подом и балками, кольцевых, конвейерных и протяжных печей, печных рольгангов, а также механизмов для обслуживания печей.

Показаны способы существенного снижения расхода топлива на действующих печах, используя современные горелочные устройства и огнеупорные материалы.

Расчитан на инженерно-технических работников проектных, исследовательских и наладочных организаций, металлургических и машиностроительных заводов, а также на специалистов всех отраслей промышленности, в которых применяют печи и сжигают газообразное или жидкое топливо. Может быть полезен преподавателям и студентам вузов и техникумов соответствующей специализации.

Ил. 476. Табл. 161. Библиогр. список: 54 назв.

Работа предоставлена в авторской редакции.

Справочное издание

*Гусовский Виктор Львович*  
*Ладыгичев Михаил Григорьевич*  
*Усачев Александр Борисович*

## **СОВРЕМЕННЫЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ ПЕЧИ** **(конструкции и технические характеристики)**

Компьютерная верстка *И.В. Васильев*  
Корректор *Е.С. Павлова*

Лицензия ПР № 080003 от 12.05.96

ISBN 5-217-03075-5



9 785217 030750

---

Сдано в набор 02.11.06. Подписано к печати 19.12.06. Формат 70×100 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усп. печ. л. 53,3. Усл.кр.-отг. 53,3. Уч.-изд.л. 51.17.  
Тираж 1000 экз. (2-й з-д 800 экз.). Заказ № 5097

---

Отпечатано с оригинал-макета в ППП «Типография «Наука»  
121099, Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 5-217-03075-5 (2-й з-д) © Гусовский В.Л., Ладыгичев М.Г., Усачев А.Б., 2007 г.  
© «Теплотехник», 2007 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	9
<b>Глава 1. Нагревательные колодцы .....</b>	<b>11</b>
1.1. Область применения нагревательных колодцев .....	11
1.2. Особенности тепловой работы нагревательных колодцев .....	11
1.3. Типы нагревательных колодцев .....	12
1.4. Регенеративные нагревательные колодцы .....	13
1.5. Рекуперативные нагревательные колодцы с отоплением из центра подины .....	15
1.6. Рекуперативные нагревательные колодцы с отоплением одной верхней горелкой .....	19
1.7. Сравнение типов нагревательных колодцев .....	21
1.8. Отделение нагревательных колодцев .....	22
<b>Глава 2. Методические печи .....</b>	<b>26</b>
2.1. Область применения и характеристика нагреваемого металла в методических печах .....	26
2.2. Транспортирование заготовок в методических печах .....	31
2.3. Тепловой и температурный режимы методических печей .....	33
2.4. Системы отопления и автоматического регулирования методических печей .....	37
2.5. Конструкция методических печей .....	42
2.5.1. Основные типы методических печей .....	42
2.5.2. Рабочее пространство методических печей .....	55
2.6. Расположение методических печей в цехе .....	74
<b>Глава 3. Проходные печи .....</b>	<b>76</b>
3.1. Общая характеристика проходных печей .....	76
3.2. Системы отопления и автоматического регулирования проходных печей .....	77
3.3. Печи с роликовым подом .....	83
3.4. Секционные печи .....	104
3.5. Конвейерные печи .....	112
3.6. Проходные печи с шагающим подом или с шагающими балками .....	134
3.7. Проходные толкательные печи .....	123
3.8. Кольцевые печи .....	130

<b>Глава 4. Протяжные печи .....</b>	<b>134</b>
4.1. Область применения и общая характеристика протяжных печей .....	134
4.2. Режимы обработки и схемы протяжных печей .....	135
4.2.1. Протяжные печи для рекристаллизационного отжига .....	135
холоднокатаной полосы из малоуглеродистой стали	
(жести) .....	135
4.2.2. Протяжные печи агрегатов покрытий .....	137
4.2.3. Протяжные печи для закалки полосы	
из нержавеющей стали .....	151
4.2.4. Протяжные печи для термической обработки	
и обезуглероживания полосы	
из электротехнической стали .....	156
4.2.5. Протяжные печи для нормализации и отжига	
горячекатаной полосы из углеродистой	
и легированной стали .....	160
4.2.6. Многониточные протяжные печи .....	169
4.3. Компоновка и конструкция протяжных печей .....	174
4.3.1. Компоновка протяжных печей .....	174
4.3.2. Камеры нагрева протяжных печей .....	175
4.3.3. Камеры выдержки и регулируемого охлаждения	
протяжных печей .....	178
4.3.4. Камеры ускоренного охлаждения протяжных печей .....	181
4.4. Автоматическое регулирование нагрева	
и охлаждения в протяжных печах .....	182
4.5. Питание протяжных печей газом контролируемого состава .....	183
 <b>Глава 5. Колпаковые печи .....</b>	 <b>185</b>
5.1. Область применения и основные типы колпаковых печей .....	185
5.2. Тепловая работа колпаковых печей .....	187
5.3. Технология термической обработки в колпаковых печах .....	187
5.4. Система отопления и охлаждения садки	
в колпаковых печах .....	189
5.5. Колпаковые печи для отжига рулонов полосы .....	192
5.6. Колпаковые печи различного назначения .....	202
5.7. Система автоматического регулирования колпаковых печей .....	204
5.8. Организация циркуляции газа в колпаковых печах .....	208
5.9. Устройства для ускоренного охлаждения садки	
в колпаковых печах .....	213
5.10. Параметры и компоновка отделения колпаковых печей .....	214
 <b>Глава 6. Огнеупоры для нагревательных и термических печей .....</b>	 <b>224</b>
6.1. Огнеупорная кладка нагревательных колодцев .....	224
6.2. Огнеупорная кладка нагревательных и термических печей .....	227
6.3. Огнеупорные материалы для рекуператоров	
нагревательных печей .....	233

6.4.	Конструирование узлов кладки общего применения .....	237
6.4.1.	Толщина швов .....	237
6.4.2.	Перевязка кладки стен .....	237
6.4.3.	Кладка выстилки пода .....	238
6.4.4.	Температурные швы .....	241
6.4.5.	Отверстия в кладке стен .....	245
6.5.	Конструирование фасонных огнеупорных изделий .....	247
6.6.	Размеры кирпичной кладки .....	256
6.7.	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> кладки .....	258
6.8.	Кладка окон .....	263
6.9.	Арочные и купольные своды .....	264
6.10.	Подвесные своды .....	298
6.10.1.	Подвесные своды из ребристых кирпичей .....	299
6.10.2.	Подвесные своды из кирпичей с одним ребром .....	301
6.10.3.	Подвесные своды из гладких кирпичей с индивидуальной подвеской .....	310
6.10.4.	Подвесные своды других конструкций .....	318
6.11.	Кладка боровов .....	321
<b>Глава 7.</b>	<b>Горелочные устройства и нагреватели .....</b>	<b>331</b>
7.1.	Горелки без предварительного смешения .....	334
7.1.1.	Горелки типа “труба в трубе” .....	334
7.1.2.	Горелки с широким диапазоном изменения коэффициента расхода воздуха типа ДШ .....	342
7.2.	Горелки с улучшенным смешением .....	345
7.2.1.	Горелки турбулентные типа ГТН .....	345
7.2.2.	Горелки для природного газа типа ГНП .....	348
7.2.3.	Горелки дутьевые унифицированные типа ГДУВ .....	349
7.2.4.	Горелки радиационные типа ГР и ГРВ .....	357
7.2.5.	Плоскопламенные горелки типа ГПП .....	365
7.2.6.	Горелки с излучающей чашей типа ГВИЧ .....	371
7.2.7.	Скоростные горелки типа СВП .....	371
7.2.8.	Горелки с переменным избытком воздуха типа ПИВ .....	373
7.2.9.	Горелки скоростные типа ПИВс .....	378
7.2.10.	Горелки типа ГГВ .....	378
7.2.11.	Горелки с переменным избытком воздуха типа ГТПЦ .....	380
7.2.12.	Горелка ГД-1 .....	385
7.3.	Горелки с предварительным смешением .....	386
7.3.1.	Инжекционные горелки типа Н .....	386
7.3.2.	Инжекционные горелки типа П .....	392
7.3.3.	Инжекционные горелки типа В и ВП .....	398
7.3.4.	Инжекционные горелки типа ИУ .....	402
7.3.5.	Инжекционно-атмосферные горелки типа ИА .....	408
7.3.6.	Скоростные горелки типа ГВ .....	410
7.3.7.	Горелка полного предварительного смешения для безокислительного нагрева .....	412

7.3.8.	Скоростные горелки типа ГПС для безокислительного нагрева .....	414
7.3.9.	Горелочный блок патентировочной печи .....	417
7.3.10.	Горелка для камер скоростного нагрева полосы .....	419
7.3.11.	Горелочное устройство ГМП-200 печи скоростного струйного нагрева .....	420
7.4.	Форсунки для жидкого топлива .....	422
7.4.1.	Форсунки высокого давления с двойным распыливанием типа ФВД .....	422
7.4.2.	Короткофакельные форсунки системы Карабина типа ФК .....	427
7.4.3.	Пневматические форсунки ВНИИМТ .....	428
7.4.4.	Форсунки низкого давления конструкции Стальпроекта ..	430
7.5.	Газомазутные горелки .....	434
7.5.1.	Горелки типа ГКВГ .....	434
7.5.2.	Горелки типа КГМГ-А .....	438
7.5.3.	Комбинированные горелки ВНИИМТ .....	442
7.5.4.	Газомазутные горелки типа ГМР .....	444
7.5.5.	Горелки Теплопроекта типа ГМП .....	445
7.6.	Радиационные трубы .....	448
7.6.1.	Тупиковые радиационные трубы типа ТРТ .....	449
7.6.2.	Тупиковые радиационные трубы типа ТРР .....	455
7.6.3.	Тупиковые радиационные трубы типа ТРН .....	462
7.6.4.	U-образные радиационные трубы с горелкой ВНИИМТ–Стальпроект .....	463
7.6.5.	U-образные радиационные трубы типа ТРУ .....	469
7.6.6.	U-образные радиационные трубы типа ТРУН .....	471
7.6.7.	U-образные радиационные трубы низкого давления типа РТН .....	473
7.6.8.	W-образная радиационная труба .....	474
7.7.	Электрические нагреватели .....	475
7.8.	Огнеупорные горелочные туннели .....	487
7.8.1.	Огнеупорные горелочные блоки для горелок типа ДВБ и ДНБ .....	489
7.8.2.	Огнеупорные горелочные блоки для горелок типа ДВС и ДНС .....	489
7.8.3.	Огнеупорные горелочные блоки для горелок типа ГНП ...	494
7.8.4.	Огнеупорные горелочные блоки для горелок типа ГР и ГРВ .....	495
7.8.5.	Огнеупорные горелочные блоки для горелок типа ГПП ...	496
7.8.6.	Горелочный туннель для инъекционных горелок .....	497
7.8.7.	Огнеупорные горелочные блоки для инъекционных горелок с диаметром носика до 100 мм .....	499
7.8.8.	Огнеупорные горелочные блоки для крупных инъекционных горелок .....	499
7.8.9.	Огнеупорные горелочные блоки для горелок типа ИА .....	502

<b>Глава 8. Устройства для охлаждения и сушки листов и полосы .....</b>	<b>503</b>
8.1. Способы охлаждения листов и полосы .....	503
8.2. Камеры регулируемого охлаждения .....	505
8.2.1. Камеры с тонкой футеровкой .....	505
8.2.2. Камеры с воздухоохлаждаемыми трубами .....	507
8.3. Камеры ускоренного охлаждения .....	508
8.3.1. Камеры с водоохлаждаемыми стенками и водяными кессонами .....	508
8.3.2. Камеры струйной обдувки .....	510
8.4. Устройства окончательного охлаждения .....	515
8.4.1. Охлаждение на воздухе .....	515
8.4.2. Баки с водой .....	516
8.5. Устройства для сушки влажных листов и полосы .....	517
<b>Глава 9. Рекуператоры .....</b>	<b>522</b>
9.1. Общая характеристика рекуператоров .....	522
9.2. Керамические рекуператоры .....	524
9.2.1. Керамические рекуператоры из блоков .....	524
9.2.2. Керамические рекуператоры с вертикальными трубами ...	528
9.3. Металлические рекуператоры .....	530
9.3.1. Трубчатые рекуператоры .....	530
9.3.2. Рекуператоры из литых игольчатых труб .....	540
9.3.3. Радиационные и радиационно-конвективные рекуператоры .....	543
9.3.4. Струйные панельные рекуператоры типа РСП .....	549
9.3.5. Кожухотрубные рекуператоры .....	551
9.3.6. Панельные рекуператоры типа РП .....	552
9.3.7. Рекуперативно-эжекторное устройство .....	553
<b>Глава 10. Печные рольганги .....</b>	<b>554</b>
10.1. Рольганги печей с роликовым подом .....	554
10.1.1. Схемы приводов рольгангов .....	554
10.1.2. Конструкции роликов .....	558
10.2. Рольганги загрузки и выдачи методических печей .....	562
10.3. Рольганги секционных печей .....	562
<b>Глава 11. Механическое оборудование печей с шагающим подом и шагающими балками .....</b>	<b>565</b>
11.1. Механизмы для перемещения балок .....	565
11.1.1. Схемы движения балок .....	566
11.1.2. Механизмы для вертикального перемещения .....	569
11.1.3. Механизмы для горизонтального перемещения .....	569
11.1.4. Величина хода и скорость движения балок .....	571
11.2. Конструкция балок .....	572



11.3. Примеры конструкции механизмов .....	574
11.4. Механизмы для загрузки и выдачи заготовок .....	582
<b>Глава 12. Механическое оборудование конвейерных печей .....</b>	<b>590</b>
12.1. Печной конвейер с подподовыми цепями .....	590
12.2. Печной конвейер с подовыми цепями .....	590
12.3. Сетчатый конвейер .....	597
<b>Глава 13. Механическое оборудование кольцевых печей .....</b>	<b>598</b>
13.1. Механизмы вращения пода .....	598
13.2. Конструкция пода .....	600
13.3. Механизмы для загрузки и выдачи заготовок .....	600
<b>Глава 14. Механическое оборудование протяжных печей .....</b>	<b>604</b>
14.1. Схемы транспортирования полосы .....	604
14.2. Привод роликов .....	606
14.3. Конструкция роликов .....	607
14.4. Центрирование полосы .....	610
14.5. Затворы .....	614
14.6. Заправка полосы .....	617
<b>Глава 15. Механизмы для обслуживания печей .....</b>	<b>620</b>
15.1. Механизмы подъема заслонок .....	620
15.2. Механизмы и инструмент для освобождения методических толкательных печей от металла и уборки шлака .....	624
15.3. Механизмы для открывания крышек нагревательных колодцев .....	634
15.4. Механизмы для загрузки и выдачи заготовок в методических толкательных печах .....	634
15.5. Механизм для боковой выдачи рельсов из печи с роликовым подом .....	650
15.6. Механизмы для смены роликов, радиационных и воздухоохлаждаемых труб .....	650
<b>Библиографический список .....</b>	<b>654</b>