


Б. М. Соболев, Ю. Н. Мансуров,  
Хейн Вин Зо, С. Б. Марьин

# РАСЧЕТЫ ПЛАВИЛЬНЫХ И НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

«Инфра-Инженерия» 

# **РАСЧЕТЫ ПЛАВИЛЬНЫХ И НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ**

*Допущено учебно-методическим объединением  
по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по направлению «Металлургия»*

Под общей редакцией профессора Б. М. Соболева

0.3

Москва    Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2022

УДК 621.745.3

ББК 34.651

P24

*Рецензенты:*

Кафедра технологии металлов и литейного производства  
ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет»;  
заведующий кафедрой доктор технических наук, профессор *Ри Хосен*;  
доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией  
механики деформирования Института машиноведения  
и металлургии ДВО РАН *В. М. Козин*

*Авторы:*

*Б. М. Соболев, Ю. Н. Мансуров, Хейн Вин Зо, С. Б. Марьин*

**P24      Расчеты плавильных и нагревательных печей : учебное пособие /**  
[Б. М. Соболев и др.] ; под общ. ред. Б. М. Соболева. – Москва ; Вологда :  
Инфра-Инженерия, 2022. – 140 с. : ил., табл.  
ISBN 978-5-9729-0778-6

Изложены методики расчета горения жидкого, твердого и газообразного топлива, тепловых балансов плавильных и нагревательных печей, рабочего пространства вагранок, электродуговых и индукционных печей, печей для термической обработки и нагрева сплавов под прокатку, ковку. Приведены методики расчета нагрева термически тонких и массивных тел, а также основные положения расчета рекуператоров. Представлены системы огнеупорных футеровок плавильных и нагревательных печей. Изложены некоторые методики выбора теплогенерирующих устройств и их расчет. В приложении подобраны справочные данные, необходимые для расчетов.

Для студентов, обучающихся по направлениям «Машиностроение» и «Металлургия».

УДК 621.745.3

ББК 34.651

ISBN 978-5-9729-0778-6

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. РАСЧЕТ ГОРЕНИЯ ТВЕРДОГО, ЖИДКОГО И ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА.....	7
1.1. Полное горение топлива .....	7
1.2. Неполное горение твердого и жидкого топлива .....	11
1.3. Неполное горение газообразного топлива .....	12
1.4. Задание на расчет горения топлива.....	14
2. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И РАСХОД ЭНЕРГИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС .....	15
2.1. Статьи приходной части теплового баланса .....	15
2.2. Статьи расходной части теплового баланса .....	17
2.3. Расчет температуры на границах слоев футеровки .....	21
2.4. Расчет коэффициента теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции .....	22
2.5. Задание на расчет теплового баланса печей .....	23
3. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ .....	25
3.1. Расчет основных размеров вагранки .....	26
3.2. Выбор воздуходувной установки .....	28
3.3. Расчет сифонного шлакоотделителя вагранки .....	29
3.4. Расчет электродуговой сталеплавильной печи .....	30
3.5. Расчет индукционной печи .....	37
3.6. Топливные тигельные печи и печи сопротивления для плавки цветных сплавов .....	42
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ .....	45
4.1. Основные положения расчета печей периодического действия ....	48
4.2. Температуры нагрева и термообработки .....	48
4.3. Садка и производительность печей периодического действия .....	49
4.4. Тепловой баланс и удельный расход тепла для печей периодического действия .....	49
4.5. Расчет нагревательных колодцев .....	50
4.6. Расчет камерных печей .....	52
5. РАСЧЕТ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ .....	55
5.1. Назначение и общая характеристика печей .....	55
5.2. Температура нагрева металла .....	56
5.3. Режимы нагрева металла .....	56
5.4. Температуры газов и кладки .....	57
5.5. Поперечные размеры рабочего пространства .....	59
5.6. Теплообмен в рабочем пространстве непрерывной нагревательной печи .....	59

5.7. Выбор расчетных участков .....	60
5.8. Расчетная схема нагрева металла .....	60
5.9. Последовательность расчета нагрева металла .....	61
5.10. Расчетная часовая производительность и садка печи .....	63
5.11. Длина полезного пода печи .....	63
5.12. Длина габаритного пода, площадь и напряжение пода печи .....	66
5.13. Тепловая мощность печи, расход топлива и удельный расход тепла .....	67
<b>6. ПЕЧИ ДЛЯ СУШКИ .....</b>	<b>69</b>
6.1. Максимально допустимый коэффициент расхода воздуха .....	71
6.2. Объем воздуха и рециркуляция газов .....	72
6.3. Расчет распределительного канала .....	72
6.4. Тепловой и аэродинамический расчет печи с кипящим слоем .....	75
<b>7. НАГРЕВ И ОХЛАЖДЕНИЕ ТЕЛ .....</b>	<b>78</b>
7.1. Теплотехнически тонкие и массивные тела .....	78
7.2. Варианты расчета нагрева и охлаждения тел .....	79
7.3. Расчет нагрева и охлаждения теплотехнически тонких тел .....	80
7.4. Расчет нагрева и охлаждения теплотехнически массивных тел .....	83
<b>8. СИСТЕМЫ ОГНЕУПОРНЫХ ФУТЕРОВОК ПЕЧЕЙ .....</b>	<b>88</b>
8.1. Системы огнеупорных футеровок камерных нагревательных печей, работающих на газе .....	88
8.2. Системы огнеупорных футеровок электрических камерных печей.....	91
8.3. Огнеупорные футеровки вагранок .....	92
8.4. Огнеупорные футеровки электродуговых плавильных печей .....	93
8.5. Огнеупорные футеровки индукционных тигельных печей .....	95
<b>9. ВЫБОР ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ И ИХ РАСЧЕТ ....</b>	<b>98</b>
9.1. Расчет электрических нагревателей печей сопротивления .....	98
9.2. Расчет металлических нагревателей .....	100
9.3. Расчет карборундовых нагревателей .....	100
9.4. Расчет топок .....	101
9.5. Выбор и расчет форсунок .....	102
9.6. Выбор и расчет горелок .....	102
9.7. Расчет дымовой трубы .....	103
<b>10. РАСЧЕТ РЕКУПЕРАТОРОВ .....</b>	<b>106</b>
10.1. Общая характеристика рекуператоров .....	106
10.2. Основные положения расчета рекуператоров .....	108
10.3. Расчет керамических рекуператоров .....	112
10.4. Расчет металлических рекуператоров .....	113
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>119</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>120</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>122</b>