



«Инфра-Инженерия»

С. П. ЕРОНЬКО  
Е. В. ОШОВСКАЯ  
С. А. БЕДАРЕВ  
М. Ю. ТКАЧЕВ  
Б. И. СТАРОДУБЦЕВ

# ИННОВАЦИОННОЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ  
ПРОИЗВОДСТВО

**ИННОВАЦИОННОЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ  
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

Учебное пособие

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2023

УДК 669.18  
ББК 34.327  
И66

*Рекомендовано ученым советом ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» в качестве учебного пособия для обучающихся образовательных учреждений высшего образования (протокол № 1 от 1 апреля 2022 г.)*

*Авторы:*

Еронько С. П., Ошовская Е. В., Бедарев С. А.,  
Ткачев М. Ю., Стародубцев Б. И.

*Рецензенты:*

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой наземных транспортно-технологических комплексов и средств ГОУ ВПО «ДОННАСА»

*Пенчук Валентин Алексеевич;*

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрометаллургии ГОУВПО «ДОННТУ»

*Троянский Александр Анатольевич*

**И66** **Инновационное металлургическое оборудование. Сталеплавильное производство** : учебное пособие / [Еронько С. П. и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 276 с. : ил., табл.  
ISBN 978-5-9729-1136-3

Изложена современная методология конструирования новых перспективных образцов оборудования для реализации передовых технологий выплавки, внепечной обработки и непрерывной разливки стали. Приведены методики расчета основных параметров устройств, входящих в технологический комплекс оборудования, эксплуатируемого в сталеплавильном производстве, и обозначены пути его дальнейшего совершенствования и развития.

Для студентов технических специальностей высших учебных заведений, аспирантов и молодых ученых.

УДК 669.18  
ББК 34.327

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	6
<b>РАЗДЕЛ I</b>	
<b>СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ НОВОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА</b> .....	8
<b>ГЛАВА 1. Особенности современных технологических процессов стали и пути их развития</b> .....	8
1.1. Краткий анализ современных технологий выплавки стали.....	8
1.2. Эффективные способы обработки стали перед ее разливкой.....	10
1.3. Непрерывная разливка стали.....	12
1.4. Приоритетные направления дальнейшего развития оборудования для реализации эффективных технологий сталеплавильного производства.....	13
<b>ГЛАВА 2. Физическое моделирование как метод проверки правильности принимаемых технических решений при создании нового технологического оборудования</b> .....	16
2.1. Краткие сведения из теории подобия.....	16
2.2. Критерии подобия.....	17
2.3. Метод анализа размерностей.....	19
2.4. Основные этапы физического моделирования.....	21
<b>ГЛАВА 3. Использование теории математических моделей и методов вычислительного эксперимента при разработке новых машин и агрегатов</b> .....	23
3.1. Основные этапы математического моделирования.....	23
3.2. Математическое моделирование теплового состояния элементов машин и механизмов методом конечных разностей.....	25
3.3. Исследование напряженно-деформированного состояния деталей машин и механизмов методом конечных элементов.....	32
3.4. Получение и обработка экспериментальных данных о прочностных характеристиках деталей и узлов механических систем.....	46
3.5. Методы оценки погрешности результатов моделирования.....	59
<b>ГЛАВА 4. Применение средств компьютерной графики при проектировании металлургического оборудования</b> .....	63
4.1. Характеристика современных САПР.....	64
4.2. Программное обеспечение компьютерного проектирования.....	68
4.3. Эффективность новых методов компьютерного проектирования.....	81
<b>РАЗДЕЛ II</b>	
<b>РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИННОВАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА</b> .....	83
<b>ГЛАВА 5. Расчет и конструирование механизмов кислородного конвертера для переработки некачественной шихты и металлосодержащих отходов</b> .....	83

5.1. Перспективы и проблематика использования сталеплавильных агрегатов в условиях ухудшения качества шихтовых материалов.....	83
5.2. Совершенствование конструкции и расчет энергосиловых параметров механизма вращения корпуса кислородного конвертера относительно наклоненной продольной оси.....	86
5.3. Совершенствование конструкции и расчет энергосиловых параметров комбинированного механизма качания фурмы конвертера для вдувания в его ванну порошкообразной извести в струе кислорода...	93
5.4. Разработка новой конструкции и расчет параметров системы газодинамической отсечки шлака при сливе стали из кислородного конвертера через его горловину.....	102
<b>ГЛАВА 6. Разработка систем отсечки конечного шлака при выпуске стали из кислородного конвертера через выпускной канал.....</b>	<b>112</b>
6.1. Необходимость и основные способы отсечки конвертерного шлака.....	112
6.2. Расчет конструктивных и силовых параметров затвора для удержания шлака в полости кислородного конвертера.....	114
6.3. Разработка конструкции и расчет манипулятора для реализации отсечки шлака с использованием элементов поплавкового типа.....	128
6.4. Конструкция и расчет параметров системы газодинамической отсечки конечного конвертерного шлака.....	148
<b>ГЛАВА 7. Шиберные затворы сталеразливочных ковшей и оборудование для их обслуживания.....</b>	<b>157</b>
7.1. Конструктивные особенности современных шиберных систем сталеразливочных ковшей и расчет их параметров.....	157
7.2. расчет энергосиловых параметров системы механизированной подачи стартовой смеси в канал ковшового стакана.....	172
<b>ГЛАВА 8. Расчет и конструирование манипуляторов для замены защитных огнеупорных труб, экранирующих струю стали при ее переливе из разливочного ковша в промежуточный ковш.....</b>	<b>185</b>
8.1. Необходимость и способы защиты стали от вторичного окисления на участке разливочный ковш – промежуточный ковш МНЛЗ.....	185
8.2. Разработка усовершенствованной конструкции манипулятора для удержания и замены защитных огнеупорных труб.....	189
8.3. Расчет параметров привода усовершенствованного манипулятора...	191
8.4. Экспериментальная проверка эффективности функционирования усовершенствованной манипуляционной системы.....	192
<b>ГЛАВА 9. Расчет и конструирование систем быстрой смены стаканов-дозаторов на промежуточных ковшах сортовых МНЛЗ.....</b>	<b>197</b>
9.1. Повышение серийности непрерывной разливки стали как перспективный метод увеличения производительности современных МНЛЗ.....	197

9.2. Требования, предъявляемые к разливочным системам промежуточных ковшей МНЛЗ, и анализ результатов их эксплуатации.....	198
9.3. Разработка усовершенствованной системы быстрой смены стаканов-дозаторов.....	202
9.4. Расчет основных технологических нагрузок при работе разливочной системы.....	203
<b>ГЛАВА 10. Расчет и конструирование системы аварийного закрытия ручья сортовой МНЛЗ при разливке стали с экранированием струи.....</b>	<b>211</b>
10.1. Необходимость экранирования струи стали от окружающей атмосферы на участке промежуточный ковш – кристаллизатор МНЛЗ и способы ее реализации.....	211
10.2. Методика расчета силовых параметров системы аварийного закрытия ручья МНЛЗ.....	212
10.3. Экспериментальная проверка правильности принятого технического решения и корректности полученных теоретических зависимостей.....	215
<b>ГЛАВА 11. Расчет и конструирование систем быстрой смены погружных стаканов на промежуточных ковшах слябовых МНЛЗ.....</b>	<b>222</b>
11.1. Расчет конструктивных и энергосиловых параметров системы быстрой смены погружных стаканов.....	222
11.2. Конструирование и расчет манипулятора для механизированной замены погружных стаканов, размещаемого сбоку промежуточного ковша.....	231
11.3. Конструирование и расчет манипулятора для механизированной замены погружных стаканов, размещаемого перед промежуточным ковшом МНЛЗ.....	239
<b>ГЛАВА 12. Разработка оборудования механизированной подачи шлакообразующих смесей в кристаллизаторы машин непрерывного литья заготовок.....</b>	<b>250</b>
12.1. Системы механизированной подачи шлакообразующей смеси в кристаллизаторы сортовой и блюмовой МНЛЗ.....	250
12.2. Разработка систем механизированной подачи ШОС в кристаллизаторы слябовых МНЛЗ.....	264
12.3. Разработка систем механизированной подачи ШОС нового поколения.....	270
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>274</b>