

В. П. Лялюк

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА
И ГАЗОДИНАМИКИ
ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ**



«Инфра-Инженерия»

В. П. Лялюк

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА
И ГАЗОДИНАМИКИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ**

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2019

УДК 669.162

ББК 34.323

Л97

Рецензенты:

академик Академии инженерных наук Украины, заслуженный деятель
науки и техники Украины, доктор технических наук,
профессор *В. А. Петренко*;
академик Академии горных наук Украины,
лауреат премии НАН Украины, доктор технических наук,
профессор *И. Г. Товаровский*

Лялюк, В. П.

Л97 Теоретические основы процессов горения топлива и газодинамики доменной плавки : монография / В. П. Лялюк. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 280 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0349-8

Приведены исследования, уточняющие разделы теории доменной плавки, в частности механических процессов горения топлива перед фурмами и движения газового потока в доменной печи. Рассмотрена работа доменных печей в различных условиях и на различных фурмах, проведен системный анализ режимов плавки и работы горна.

Для специалистов черной металлургии и смежных с ней областей, а также студентов высших учебных заведений металлургического, экономического и управленческого профилей.

УДК 669.162

ББК 34.323

ISBN 978-5-9729-0349-8 © Лялюк В. П., 2019

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2019

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ.....	7
1.1. Физическая сущность плавки.....	7
1.2. Топливо доменной плавки и его роль.....	10
1.3. Энергетические затраты при выплавке чугуна.....	12
1.4. К.п.д. углерода (кокса) в процессах нагрева.....	13
1.5. К.п.д. углерода кокса в процессах восстановления.....	16
1.6. К.п.д. энергии проталкивания.....	19
2. ОСНОВЫ ГАЗО- И ГИДРОДИНАМИКИ – БАЗА ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ.....	24
2.1. Основные параметры жидкости и законы ее движения в технической гидромеханике.....	24
2.2. Законы движения жидкости в разделе физики “Механика жидкостей и газов”.....	33
2.3. Основы молекулярно-кинетической теории газов.....	34
3. ГОРЕНИЕ ТОПЛИВА У ФУРМ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ.....	38
3.1. Значение, механизм и реакции горения.....	38
3.2. Развитие представлений о процессах горения топлива.....	46
3.3. Циркуляционный режим горения.....	46
3.4. Другие физические модели зон горения.....	48
3.5. Влияние различных факторов на размеры зон горения.....	51
3.6. Элементы теории процесса горения у фурм.....	53
3.7. Полная энергия потока воздушного дутья.....	56
3.8. Полная энергия потока комбинированного дутья.....	59
3.9. Полная энергия потока горнового газа.....	
3.10. Управление размерами зон горения и глубиной проникнове- ния газов к центру горна.....	70
3.11. Контроль радиальной и окружной неравномерности процес- сов в горне доменной печи перед каждой фурмой.....	75
3.12. Методика расчета полной энергии горнового газа при вдувании пылеугольного топлива.....	83
3.13. Примеры работы доменных печей на неоптимальных полных энергиях потоков комбинированного дутья и горнового газа... ..	89
3.14. Исследование влияния энергетических параметров потока дутья на размеры зоны циркуляции на лабораторной модели.....	104
3.15. Исследование влияния кинетической энергии на длину зоны циркуляции на лабораторной модели.....	112
4. ОПЫТ РАБОТЫ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ ДИАМЕТРОМ И КОЛИЧЕСТВОМ ВОЗДУШНЫХ ФУРМ.....	116
4.1. Доменная плавка на фурмах разного диаметра.....	116
4.2. Доменная плавка на фурмах разного диаметра при загрузке в печь высококачественного агломерата.....	126

4.3. Работа доменных печей при чередовании фурм различного диаметра.....	138
4.4. Работа доменных печей при циклическом изменении диаметра воздушных фурм.....	145
4.5. Определение оптимального количества работающих фурм на основе полной энергии потока горнового газа.....	151
5. ГАЗОДИНАМИКА ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ.....	157
5.1. Метод Лагранжа.....	157
5.2. Метод Эйлера.....	158
5.3. Методика определения траектории потока дутья вытекающего из фурмы доменной печи.....	159
5.4. Перепад давления при движении газа в доменной печи.....	170
5.5. Анализ факторов, определяющих перепад давления газа.....	171
5.6. Динамические характеристики потока дутья-газа на участке от воздуходувной машины до дроссельной группы.....	175
5.7. Энергетический путь исследования газового потока в доменной печи.....	182
5.8. Диссипация энергии проталкивания газового потока в доменной печи.....	184
5.9. Уточнение влияния параметров термодинамики на давление газа в доменной печи.....	187
5.10. Работа доменных печей с разным общим перепадом давления газа.....	195
5.11. Давление в рабочем объеме доменной печи.....	200
5.12. Расход дутья и значение повышенного давления на современных доменных печах.....	211
6. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ПЛАВКИ И РАБОТА ГОРНА В ПЕРСПЕКТИВНЫХ УСЛОВИЯХ.....	224
6.1. Неоднородность процессов и выбор режимов плавки.....	224
6.1.1. Аналитические исследования неоднородности процессов плавки.....	224
6.1.2. Промышленные исследования неоднородности процессов плавки.....	228
6.2. Организация работы горна и фурменных очагов в перспективных условиях доменной плавки.....	236
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	256
СОДЕРЖАНИЕ.....	277