

УДК 621.365.2(075.8)  
Д 806

Коллектив авторов:

*А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, Л.П. Горева,  
С. Лупи, М. Форцан, Д. Барглик*

Рецензенты:

*В.П. Рубцов, д-р техн. наук, профессор,  
профессор кафедры «Автоматизированные электротехнологические  
установки и системы» НИУ «Московский энергетический институт»  
А.С. Аньшаков, д-р техн. наук, профессор,  
гл. науч. сотр. Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН  
А.В. Щербаков, д-р техн. наук, зав. кафедрой «Автоматизированные  
электротехнологические установки и системы» НИУ  
«Московский энергетический институт»*

Работа подготовлена на кафедре АЭТУ для магистрантов  
направления «Энергетика и электротехника»

Д 806      **Дуговые электропечи:** учеб. пособие для вузов / А.И. Алифе-  
ров, Р.А. Бикеев, Л.П. Горева, С. Лупи, М. Форцан, Д. Барглик. –  
2-е изд. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 204 с.

ISBN 978-5-7782-3494-9

В пособии рассматривается основное оборудование черной металлургии – дуговые сталеплавильные, рудно-термические печи и установки специального нагрева, а также вопросы теории дуги и электрических цепей с дугами, технологии и конструкции изучаемого оборудования.

Основу пособия составляют материалы курса лекций «Теория и практика применения дуговых печей», подготовленных авторским коллективом в рамках проекта TEMPUS Европейского сообщества 511086-TEMPUS-1-2010-1-DE-TEMPUS-JPCR «Обучение аспирантов российских университетов энергоэф-фективным электротехнологиям».

Адресовано студентам и аспирантам электромеханических, электротехно-логических специальностей, а также специалистам, разрабатывающим электродуговые установки.

УДК 621.365.2(075.8)

ISBN 978-5-7782-3494-9

© Алиферов А.И., Бикеев Р.А., Горева Л.П.,  
Лупи С., Форцан М., Барглик Д., 2016, 2018  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2016, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Список сокращений и обозначений .....	4
<b>1. Краткая история развития дуговых электропечей .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Теория электрической дуги .....</b>	<b>10</b>
2.1. Электрическая дуга как один из видов разряда в газе .....	10
2.2. Дуга постоянного тока.....	12
2.3. Дуга переменного тока .....	19
<b>3. Дуговые сталеплавильные печи .....</b>	<b>33</b>
3.1. Система электроснабжения дуговой печи .....	34
3.2. Высоковольтное оборудование .....	36
3.3. Печной трансформатор.....	40
3.4. Вторичный токоподвод .....	45
3.5. Электроды.....	52
3.6. Футеровка печи .....	58
3.7. Стеновые водоохлаждаемые панели .....	60
3.8. Свод печи.....	62
3.9. Механизмы дуговой сталеплавильной печи.....	64
3.10. Конструктивные особенности современных сверхмощных дуговых сталеплавильных печей .....	67
<b>4. Эквивалентные схемы электродуговых печей.....</b>	<b>76</b>
4.1. Однофазная эквивалентная схема .....	76
4.2. Уравнения цепи при синусоидальном режиме.....	78
4.2.1. Электрические и рабочие характеристики .....	78
4.2.2. Круговая диаграмма.....	82
4.2.3. Выбор электрического режима.....	86
4.2.4. Электрические характеристики с учетом искажения тока дуги и потерь в энергосистеме .....	90
4.3. Трехфазная векторная диаграмма, перенос мощности между фазами .....	96
4.4. Модель трехфазного несимметричного электропечного контура с дугами.....	101
4.5. Модель трехфазного электропечного контура с учетом нелинейности дуг .....	108
4.6. Электродинамические взаимодействия между фазами вторичного токоподвода ДСП.....	114

<b>5. Различные аспекты эксплуатации дуговых сталеплавильных печей</b> .....	121
5.1. Технология плавки стали в ДСП .....	121
5.2. Инновации в современных печах .....	126
5.3. Топливно-энергетический баланс электродуговой печи.....	132
5.4. Влияние ДСП на питающую сеть («фликер-эффект») .....	137
5.5. Дуговые печи постоянного тока .....	146
5.6. Численное моделирование ДСП.....	152
<b>6. Вакуумные дуговые печи</b> .....	158
6.1. Принцип действия и классификация вакуумных дуговых печей.....	158
6.1.1. Вакуумно-дуговые печи для плавки в кристаллизаторе.....	160
6.1.2. Вакуумные дуговые печи для плавки в гарнисаже .....	162
6.2. Рабочий процесс в вакуумных дуговых печах .....	164
6.3. Дуговой разряд в вакууме .....	167
6.4. Энергетические характеристики вакуумных дуговых печей.....	170
<b>7. Рудно-термические установки</b> .....	173
7.1. Общая характеристика рудно-термических установок .....	173
7.2. Технологические процессы и их влияние на конструкцию рудно-термических электропечей .....	174
7.3. Самоспекающиеся электроды.....	186
7.4. Короткая сеть РТП.....	190
7.5. Энергетические характеристики рудовосстановительных печей.....	195
Библиографический список .....	198

**Алиферов Александр Иванович, Бикеев Роман Александрович,  
Горева Людмила Павловна, Луи Сержио, Форцан Микеле, Барглик Джерзи**

## **ДУГОВЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ**

**Учебное пособие**

**2-е издание**

Редактор *Л.Н. Ветчакова*  
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*  
Дизайн обложки *Л.Н. Киншт*  
Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*  
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции  
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

---

Подписано в печать 26.02.2018. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 50 экз.  
Уч.-изд. л. 11,85. Печ. л. 12,75. Изд. № 63. Заказ № 389. Цена договорная

---

Отпечатано в типографии  
Новосибирского государственного технического университета  
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20