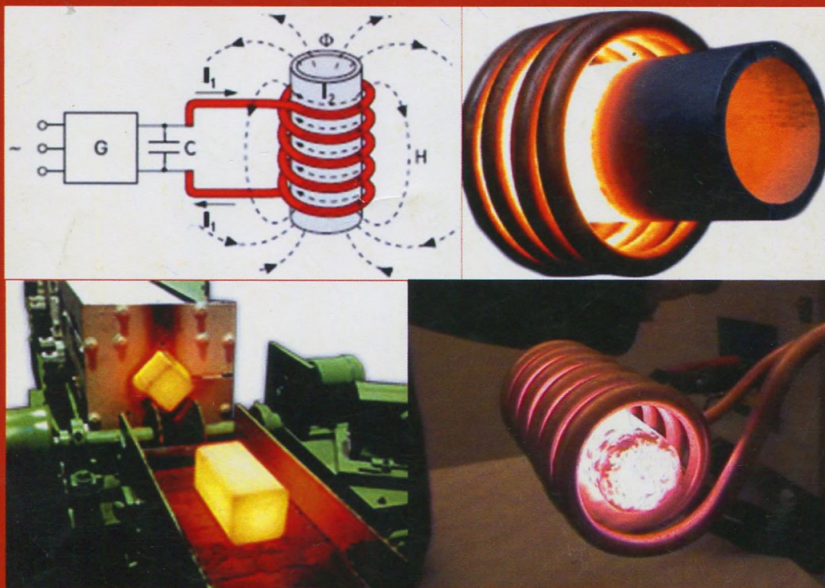


621.365.5  
К 95

В.В. Кухарь, Ю.П. Нижельская, А.С. Анищенко

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ



Мариуполь 2016

Министерство образования и науки Украины  
Государственное высшее учебное заведение  
«Приазовский государственный технический университет»

В. В. Кухарь, Ю. П. Нижельская, А. С. Анищенко

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ  
НАГРЕВАТЕЛЕЙ И БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ**

Учебное пособие

*Рекомендовано Ученым советом  
ГВУЗ «Приазовский государственный  
технический университет»*

Мариуполь

2016

**УДК 621.365.5:614.8(075):331.45(075.8):621.7**

**ББК 34.623**

**К 95**

Рекомендовано Ученым советом  
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»  
(протокол № 7 от 29.12.2016 г.)

**Рецензенты:**

**Матвнйчук В. А.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехнические системы, технологии и автоматизация в АПК», Винницкий национальный аграрный университет, г. Винница;

**Чебенко В. Н.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг;

**Гулаков С. В.** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Металлургия и технология сварочного производства», ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь.

**Кухарь В. В.**

**К 95** Проектирование индукционных нагревателей и безопасность при электротермическом нагреве : учеб. пособ. / В. В. Кухарь, Ю. П. Нижельская, А. С. Анищенко. – Мариуполь : ПГТУ, 2016, – 173 с.

ISBN 978-966-604-189-3

В учебном пособии изложены теоретические основы индукционного нагрева металлических заготовок, приведены базовые схемы индукционных установок, изложена методика расчета индукторов и выбора структурных элементов индукционных нагревателей, раскрыты вопросы обеспечения безопасных условий работы на электротермическом оборудовании, описаны требования к безопасному устройству и обслуживанию индукторов, а также способы защиты от электромагнитных излучений.

**УДК 621.365.5:614.8(075):331.45(075.8):621.7**

**ББК 34.623**

© В. В. Кухарь, Ю. П. Нижельская, А. С. Анищенко, 2016  
ISBN 978-966-604-189-3

© ГВУЗ «ПГТУ», 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	6
1 Индукционный нагрев металла.....	12
1.1 Основы индукционного нагрева.....	12
1.2 Выбор частоты тока.....	16
1.3 Время нагрева.....	31
1.4 Принципиальная схема индукционного нагревательного устройства.....	37
2 Индукционные нагревательные установки.....	42
2.1 Особенности индукционных установок сквозного нагрева.....	44
2.2 Требования к индукционным установкам сквозного нагрева.....	46
2.3 Индукционные нагреватели с различным принципом действия.....	48
2.4 Установки косвенного индукционного нагрева заготовок.....	53
2.5 Дифференцированный индукционный нагрев.....	58
2.5.1 Нагрев заготовок при бесфильтрном волочении .....	58
2.5.2 Индукционные нагреватели для концов мерных заготовок.....	61
2.5.3 Местный нагрев заготовок.....	66
2.6 Безокислительный и малоокислительный индукционный нагрев.....	68
2.7 Автоматические линии индукционного нагрева заготовок.....	70
2.8 Оборудование, применяемое для индукционного нагрева.....	71
2.9 Промышленные индукционные кузнечные нагреватели.....	74
2.9.1 Индукционные кузнечные нагреватели с ручной и автоматической подачей.....	74

2.9.2	Методические индукционные кузнечные нагреватели.....	76
2.9.3	Параллельные индукционные кузнечные нагреватели периодического действия.....	76
2.9.4	Линейные индукционные кузнечные нагреватели .....	77
2.9.5	Торцевые индукционные кузнечные нагреватели дифференцированного нагрева заготовок.....	78
2.9.6	Карусельные и конвейерные индукционные кузнечные нагреватели дифференцированного нагрева заготовок.....	78
3	Расчет индуктивных нагревателей.....	86
3.1	Генераторы для индукционных установок ..	86
3.2	Тиристорные преобразователи частоты.....	90
3.3	Контакторы.....	93
3.4	Конденсаторы.....	93
3.5	Индукционные кузнечные нагреватели.....	93
3.6	Методика расчета индукционных нагревателей.....	95
3.6.1	Общий порядок расчета индукционных нагревателей .....	96
3.6.2	Расчет цилиндрических индукторов постоянного сечения.....	111
3.6.3	Расчет охлаждения индуктора.....	120
3.7	Особенности нагрева трубчатых заготовок..	122
3.8	Расчет установленной мощности высокочастотных генераторов.....	124
4	Безопасность персонала при эксплуатации электротермического оборудования.....	127
4.1	Общитребования безопасности при обслуживании электротермических установок .....	127

4.2	Требования к устройству и безопасной эксплуатации индукционных установок и установок диэлектрического нагрева.....	136
4.3	Требования безопасности к обслуживанию и конструкции составляющих элементов установок индукционного нагрева.....	139
4.4	Специфические требования к электротермическим устройствам индукционного и прямого нагрева сопротивлением.....	148
4.5	Защита от электромагнитных излучений ....	152
4.5.1	Как защититься от электромагнитного излучения .....	160
4.5.2	Экранирующая одежда.....	163
	Литература .....	165