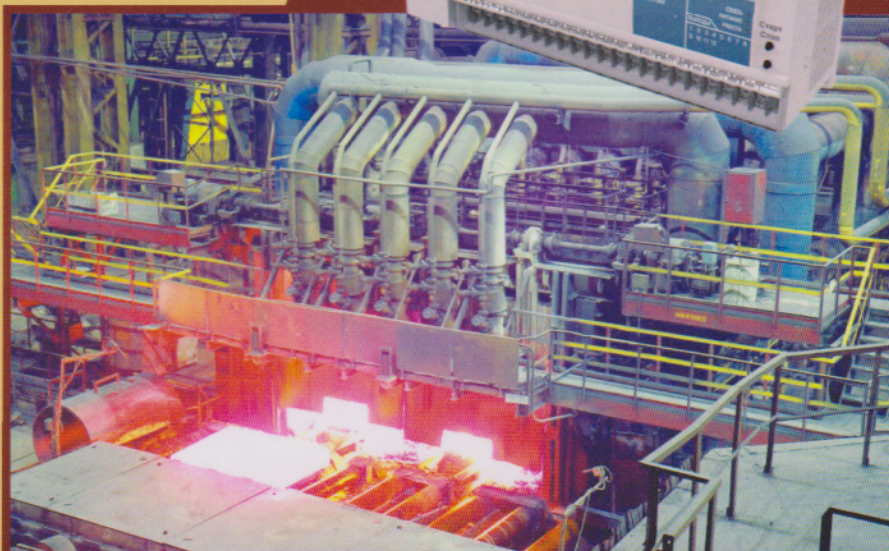
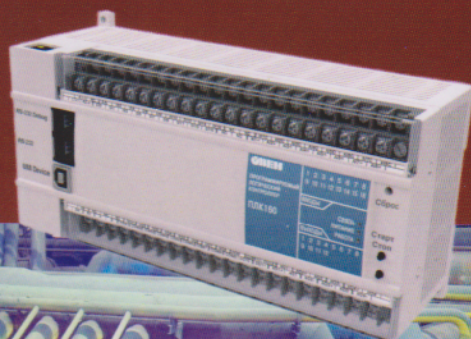


**И. В. Скоробогатова
Б. В. Гавриленко
С. В. Неежмаков**

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАМЕРНЫМИ ПЕЧАМИ С ПУЛЬСИРУЮЩИМ ОТОПЛЕНИЕМ

МОНОГРАФИЯ



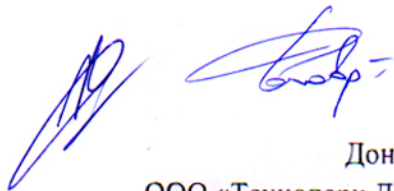
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.В. Скоробогатова, Б.В. Гавриленко, С.В. Неежмаков

**АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ
КАМЕРНЫМИ ПЕЧАМИ С ПУЛЬСИРУЮЩИМ
ОТОПЛЕНИЕМ**

Монография

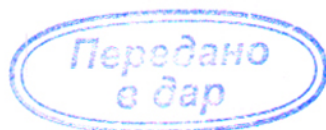
*Научно-технической
библиотеке
с уважением и пожеланием
новых достижений*



Донецк

ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ»

2016



УДК 621.783.24:681.5

ББК 34.651

С 44

*Рекомендовано к печати Учёным советом
Донецкого национального технического университета
(протокол №5 от 24.06.2016 г.)*

Рецензенты:

Чепцов М.М. – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой автоматизации, телемеханики, связи и вычислительной техники Донецкого института железнодорожного транспорта (г. Донецк);

Бирюков А.Б. – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Техническая теплофизика» Донецкого национального технического университета (г. Донецк).

Скоробогатова И.В.

С 44 Актуальные аспекты управления камерными печами с пульсирующим отоплением: Монография / И.В. Скоробогатова, Б.В. Гавриленко, С.В. Неежмаков. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2016. – 168 с.

В монографии рассмотрены аспекты, связанные с этапами построения системы автоматического управления пульсирующей подачей топлива в камерную газовую печь. Представлены методы упреждающей коррекции и синхронизирующего управления. Особое внимание уделено составлению математической и компьютерной моделей управления, которая отличается от известных тем, что учитывает изменение температуры металла за счет сохранения равенства поглощаемых заготовками тепловых потоков в пульсирующем и традиционном режимах сжигания топлива в камерной печи. Изложена методика проведения эксперимента для подтверждения адекватности разработанной математической модели.

Работа предназначена для руководителей металлургических и машиностроительных предприятий, инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектных институтов, преподавателей и студентов технических вузов.

УДК 621.783.24:681.5

© И.В. Скоробогатова, Б.В. Гавриленко,
С.В. Неежмаков, 2016

ISBN 978-966-8248-76-4

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
Перечень условных сокращений	8
1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАМЕРНЫМИ ПЕЧАМИ С ГАЗОВЫМ ОТОПЛЕНИЕМ	10
1.1 Технологические особенности типовой камерной печи с выкатным подом как объекта управления	10
1.2 Тепловая характеристика работы печи	16
1.3 Факторы управления, влияющие на повышение эффективности использования топлива	22
1.4 Сравнение традиционного и пульсирующего режимов подачи топлива в печь по эффективности использования топлива	24
2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРНОЙ ПЕЧИ	32
2.1 Составление уравнений теплового и материального балансов в традиционном режиме подачи топлива	32
2.2 Составление уравнений теплового и материального балансов в пульсирующем режиме подачи топлива	36
2.3 Постановка задачи управления внешним теплообменом камерной печи в ТРПТ и ПРПТ и ее решение на основе математического и компьютерного моделирования	40
2.3.1 Традиционный режим в период основного нагрева	40
2.3.2 Традиционный режим в период выдержки	41
2.3.3 Пульсирующий режим в период основного нагрева	42
2.3.4 Пульсирующий режим в период выдержки	43
2.4 Векторно-матричная форма представления уравнений динамики при нагреве заготовок в камерных печах	45
2.5 Решение задачи расчета параметров внешнего теплообмена камерной печи средствами блочно-ориентированного языка Simulink в среде MATLAB	50

3.	ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВНУТРЕННЕГО ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРНОЙ ПЕЧИ	61
3.1	Дискретная модель нагрева заготовки в камерной печи	61
3.2	Метод конечных разностей	63
3.3	Косвенное определение температуры металла в mat-файле в среде MATLAB	66
4.	ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОДАЧИ ТОПЛИВА В КАМЕРНУЮ ПЕЧЬ НА ОСНОВЕ НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	70
4.1	Постановка задачи экспериментальных исследований	70
4.2	Проведение экспериментальных исследований	72
4.3	Анализ режимов работы камерной печи	75
4.4	Подтверждение адекватности разработанной математической модели	77
5.	ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ САУ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ ПОДАЧИ ТОПЛИВА В КАМЕРНУЮ ПЕЧЬ	83
5.1	Динамические характеристики контрольно-измерительной аппаратуры	83
5.1.1	Идентификация измерительного преобразователя температуры	83
5.1.2	Идентификация измерительного преобразователя расхода воздуха	88
5.1.3	Идентификация исполнительных механизмов	89
5.1.4	Идентификация регулирующих органов	92
5.2	Каналы регулирования	96
5.2.1	Канал регулирования температуры воздуха	96
5.2.2	Канал регулирования давления	98
5.2.3	Канал регулирования расхода	101
5.2.4	Канал регулирования соотношения газ-воздух	102
6.	СИНТЕЗ САУ ПУЛЬСИРУЮЩИМ СПОСОБОМ ПОДАЧИ ТОПЛИВА В КАМЕРНУЮ ПЕЧЬ	105
6.1	Постановка задачи синтеза	105

6.2 Сравнение режимов подачи топлива в камерную печь при решении задач управления	108
6.3 Косвенное определение температуры в ПРПТ	110
6.4 Отработка регуляторов в ПРПТ	112
6.5 Настройка ПИД-регулятора САУ нагрева заготовок в ПРПТ в КП	123
 7. ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ САУ ТЕПЛОВЫМ ПРОЦЕССОМ В КАМЕРНОЙ ПЕЧИ	 130
7.1 Выбор средств контроля	130
7.2 Пример схемных решений реализации структурных составляющих САУ нагревом заготовок в камерной печи	133
7.2.1 Полевой уровень	133
7.2.1.1 Датчики	133
7.2.1.2 Исполнительные устройства	135
7.2.2 Контроллерный уровень	135
7.2.2.1 Контроллер, регулятор, программируемое реле	135
7.2.2.2 Модули ввода-вывода	138
7.2.2.3 Последовательные интерфейсы	139
7.2.2.4 Обобщенная схема управления ТП	140
 ВЫВОДЫ	 143
Приложение А. Исходные данные для математической модели процесса нагрева заготовок в ПРПТ в КП	145
Приложение Б. Прогнозирующая модель внешнего теплообмена в КП	147