

– повысить до 150÷200 мм.вод.ст. (1,5÷2 кПа) давление газа и воздуха перед горелками с целью улучшения работы системы автоматического управления тепловой мощностью и соотношением топливо-воздух.

### Список использованных источников

1. Кашкаев И.С. Производство глиняного кирпича / Е.Ш. Шейкман. 3 изд. – М.: Высшая школа, 1978. – 248 с.
2. Киптенко А.К. Производство кирпича / П.Т. Мартынов, В.С. Никифоров. – М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959. – 121 с.
3. Гуцин С.Н. Топливо и расчеты его горения / Л.А. Зайнуллин, М.Д. Казяев, Б.П. Юрьев, Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. – 105 с.

УДК 621.783.232:519.876.5

**А. В. Ишимбаев, В. И. Матюхин**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАМЕРНОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ

**Аннотация.** Задачей на построение новых и реконструкции действующих нагревательных печей является достижение высокой равномерности нагрева изделий. В настоящее время это является одним из ключевых элементов, которые требует определить заказчик в техническом задании. В работе рассматриваются методы достижения необходимых результатов и будущее исследования в данном направлении.

**Ключевые слова:** камерная печь, термообработка, расчет нагрева заготовок, теплопередача, моделирование процессов, автоматизация процессов.

**Abstract.** The task of building new and reconstructing existing heating furnaces is to achieve a high uniform heating of products. Currently, this is one of the key elements that requires identifying the customer in a technical task. The paper examines how to achieve the necessary results and the future of research in this area.

**Key words:** chamber furnace, heat treatment, heating calculation of blanks, heat transfer, process modeling, process automation.

При нагреве исходных заготовок нестандартной формы перед их последующей механической обработкой наиболее часто используют камерные печи с изменяющейся рабочей температурой. Несмотря на наличие обоснованной методики их теплового расчета конструирование таких агрегатов связано с присутствием некоторых неопределенностей (изменяющиеся условия теплопередачи), обусловленные специфическими свойствами нагреваемых

материалов (форма и размеры, теплофизические свойства, требования к нагреву). Поэтому при проектировании таких тепловых агрегатов широко используют богатый практический опыт. Однако не всегда конечные результаты совпадают с требованиями технологии, что требует обязательного этапа пусконаладочных испытаний.

Основная цель нашей работы является уточнение методики расчета камерной печи с изменяющейся рабочей температурой при варьировании теплофизических свойств нагреваемых заготовок и условий теплопередачи в рабочем пространстве при заданных условиях нагрева. Для этого предлагается:

- на основании имеющейся методики теплового расчета камерной печи с изменяющейся рабочей температурой создать математический аппарат для ее реализации при различных требованиях нагрева термически массивных тел [1-3];

- произвести математическое моделирование процессов движения газов и изменяющихся условий теплопередачи к нагреваемым заготовкам с помощью математического пакета Ansys [4];

- выполнить оценку соответствия результатов тепловых расчетов и математического моделирования;

- создать комплексную методику расчета камерной печи с изменяющейся рабочей температурой при тепловой обработке изделий различной формы и варьировании их теплофизических свойств.

В настоящее время нами:

- систематизированы методики расчета камерной печи с изменяющейся рабочей температурой, а именно была выбрана камерная печь с двумя выкатными подами для нагрева и сушки огнеупорного бетона. Исходные данные приведены в таблице 1;

- вносятся коррективы в методику расчета камерной печи с изменяющейся рабочей температурой при варьировании формы нагреваемых заготовок, их теплофизических свойств, условий теплопередачи от движущихся газов;

- созданы основы для математического моделирования процесса нагрева термически массивных тел движущимися газами в изменяющихся внешних условиях (уровень максимальных температур, состав газов, скоростной режим их движения). Данный этап корректируется и вносятся дополнительные изменения.

На сегодняшний день уточняется постановка задачи, углубляются теоретические вопросы теплопередачи с учетом массивности нагреваемых тел и их теплофизических свойств, обосновываются условия движения газов в рабочем пространстве и их скоростной режим.

Что позволит в будущем получить цифровой двойник, который будет представлять собой виртуальный образ реальной печи и точно имитировать её свойства. Это позволит повысить эффективность, усовершенствует процессы и устранит источники ошибок.

Таблица 1

## Исходные данные

Наименование	Обозначение	Единицы измерения	Данные
Марка бетона			Огнеупорный
Отопление			боковое
Длина заготовки	$l_{\text{заг}}$	м	1,5
Ширина заготовки	$s_{\text{заг}}$	м	1,5
Толщина заготовки	$r_{\text{заг}}$	м	0,4
Количество заготовок	$N_{\text{заг}}$	шт	30
Начальная температура металла	$t_{\text{нач.м}}$	°С	20
Конечная температура поверхности металла	$t_{\text{кон.пов}}$	°С	1350
Плотность бетона	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	2000
Производительность печи	$P$	т/ч	0,42
Масса одной заготовки	$g_{\text{шт}}$	кг	1800
Топливо: природный газ с теплотой сгорания	$Q_{\text{н}}^p$	кДж/м <sup>3</sup>	33295
Глубина рабочего пространства	$L$	м	9,9
Ширина рабочего пространства	$S$	м	4,3
Высота рабочего пространства	$H$	м	1,9

## Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Китаев Б.И., Зобнин Б.Ф., Ратников В.Ф., Телегин А.С., Лисиенко В.Г., Братчиков С.Г., Казяев М.Д., Маркин В.П., Суханов Е.Л., Сучков В.Д. Учебное пособие для студентов вузов. Изд. 1-е. – М.: Металлургия, 1970. – 528 с.
2. Расчет нагревательных и термических печей. Справ. изд. Под ред. Тымчака В.М. и Гусовского В.Л. – М.: Металлургия, 1983. – 480 с.
3. Советкин В.Л. Теплофизические свойства веществ: учебное пособие / В.Л. Советкин, Л.А. Федяева. – Свердловск: УПИ, 1990. – 104 с.
4. Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование: учебное пособие / М.А. Денисов. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 149 с.