



*The results of mathematical modeling of the cylindrical ingots heating processes in three-dimensional erection are given. This offers interest at carrying out of investigations on choice of technology of high-performance heating in thermal furnaces of machine-building production.*

В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, И. А. ТРУСОВА, Д. В. МЕНДЕЛЕВ, БНТУ

УДК 669.04

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТРУЙНОГО НАГРЕВА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК В КАМЕРНОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

Математическая модель теплообмена в камерной нагревательной печи сводится к математической формулировке сопряженного теплообмена между дымовыми газами, футеровкой печи и нагреваемым металлом. В работе [1] приведена математическая модель нагрева цилиндрических заготовок в нагревательной печи камерного типа в двумерной постановке.

В данной статье в продолжение ранее выполненных исследований приведены результаты математического моделирования процессов нагрева цилиндрических заготовок в трехмерной постановке. Геометрические размеры рабочего пространства печи соответствуют камерной нагревательной печи ПВП-1 ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси» [2].

При моделировании был выбран режим, при котором работают только две скоростные короткофакельные горелки ВИС 140. В качестве нагреваемых заготовок использовали три стальные заготовки (марка стали 35) диаметром 150 мм и длиной 730 мм. Заготовки размещаются на выкатном поду и помещаются в заранее прогретую печь до 1000 °С (время выхода на рабочий режим – 10 мин). Температура печи остается неизменной на протяжении всего времени нагрева.

Особенностью данной модели является то, что при моделировании использована конструкция щелевого пода с каналами, через которые дымовые газы с помощью дутьевого дымососа отводятся в рекуператор, установленный ниже уровня нижней точки печи. Дымовые газы под тягой дутьевого

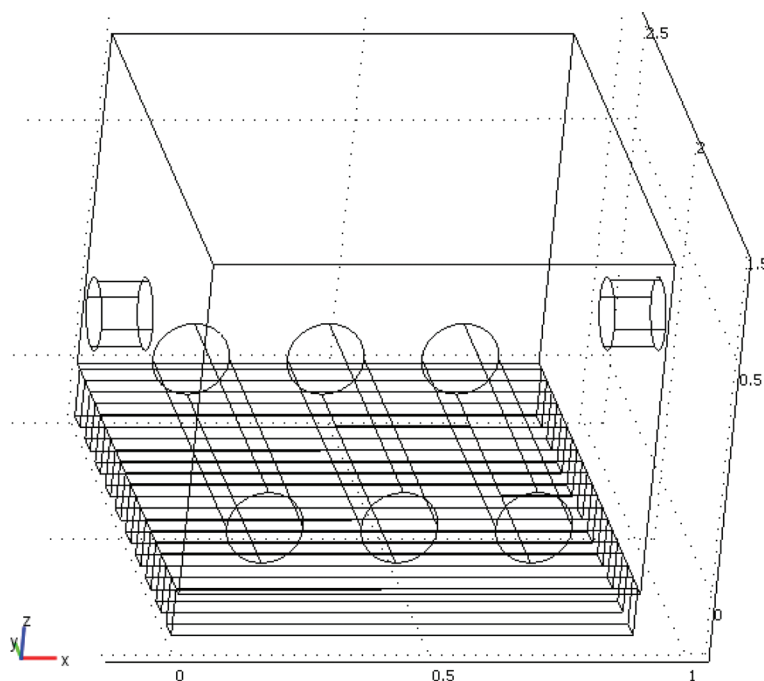


Рис. 1. Общий вид модели камерной нагревательной печи

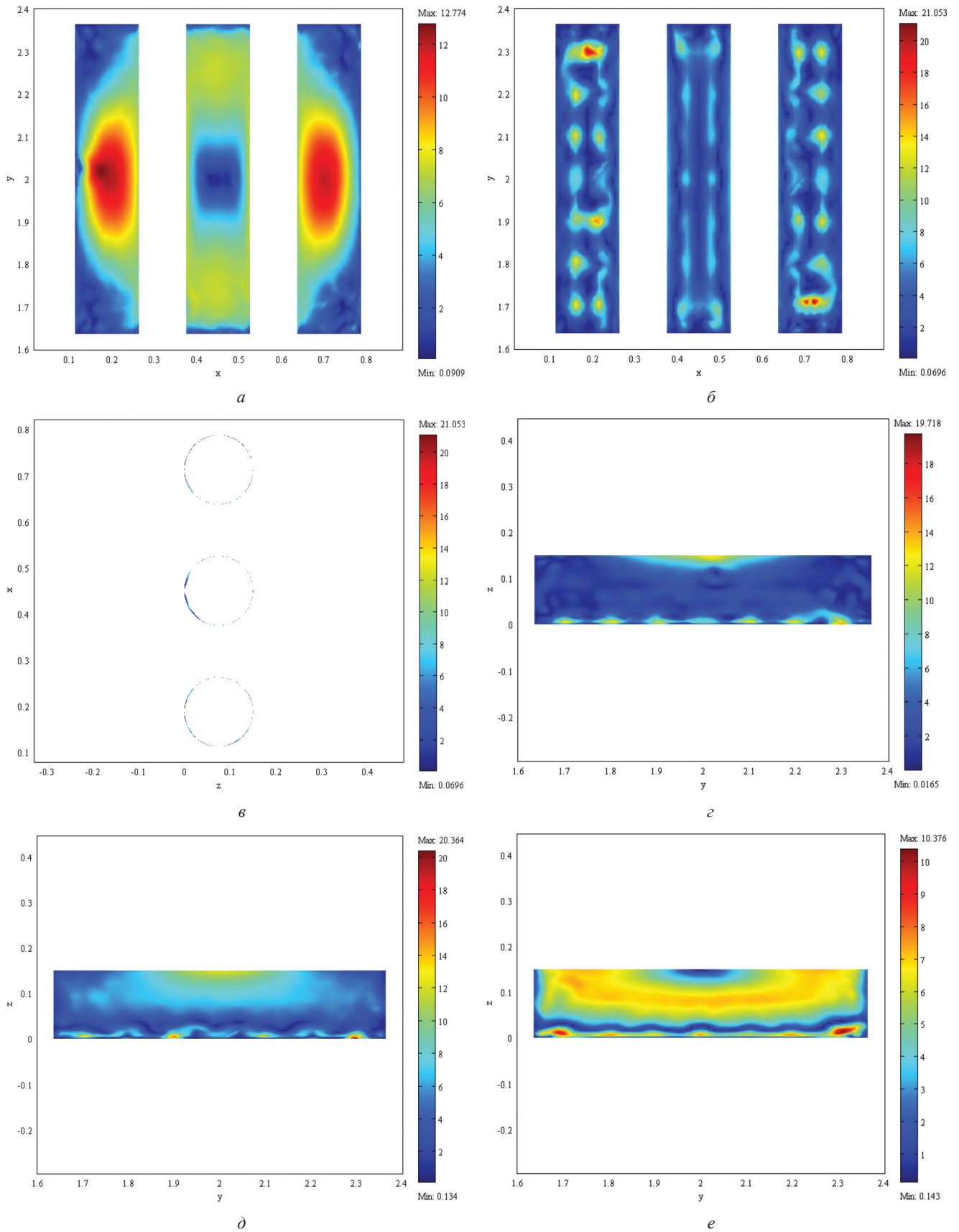


Рис. 2. Распределение скоростей дымовых газов на поверхности цилиндрических заготовок: *a* – верхняя цилиндрическая поверхность (выше уровня оси цилиндра); *б* – нижняя цилиндрическая поверхность (ниже уровня оси цилиндра); *в* – цилиндрические поверхности всех заготовок; *г* – левая цилиндрическая поверхность левой заготовки (левее оси цилиндра); *д* – правая цилиндрическая поверхность левой заготовки (правее оси цилиндра); *е* – левая цилиндрическая поверхность центральной заготовки (левее оси цилиндра)

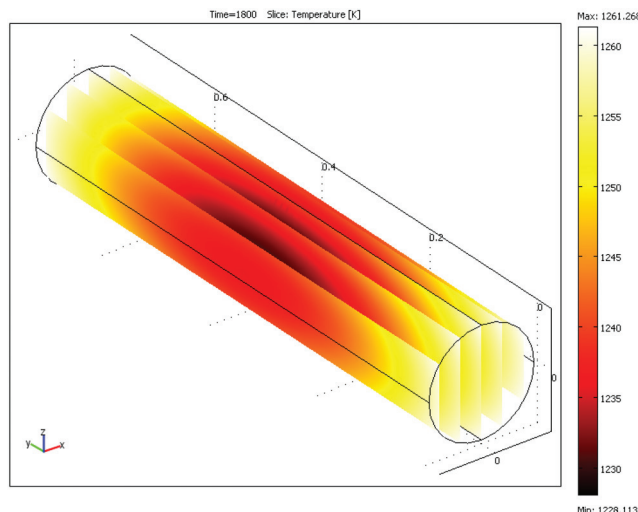


Рис. 3. Температурное поле цилиндрической заготовки

дымососа омывают цилиндрическую поверхность заготовок и участвуют с ними в конвективном теплообмене.

Общий вид камерной печи и нагреваемых цилиндрических заготовок показан на рис. 1.

На рис. 2 приведено распределение скоростей дымовых газов на поверхности заготовок в различных проекциях.

При наличии всех проекций скоростей дымовых газов во всех точках поверхностей заготовок представляется возможным подобрать граничные условия конвективного нагрева для каждой заготовки. На рис. 3 в качестве примера дано температурное поле одной из заготовок при конвективном нагреве в течение 30 мин.

Анализ полученных результатов математического моделирования позволяет отметить следующее.

Результаты математического моделирования адекватно соответствуют экспериментальным исследованиям, которые проводились в ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси» на печи ПВП-1.

Получение численных результатов разработанной модели при различных вариантах установки горелок, размещения заготовок на поду и т. д. представляет интерес при проведении исследований по выбору технологии энергоэффективного нагрева заготовок в термических печах машиностроительного производства.

### Литература

1. Тимошпольский В. И., Трусова И. А., Менделев Д. В., Ратников П. Э. Математическое моделирование процесса теплообмена в камерной нагревательной печи // *Литье и металлургия*. 2009. № 3. С. 317–320.
2. Расчет и конструирование современных газопламенных установок для нагрева и термообработки металла / В. И. Тимошпольский, А. П. Несенчук, И. А. Трусова и др. // *Изв. вузов и энерг. объедин. СНГ. Энергетика*. 2008. № 4. С. 34–43.