

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Гнитиева Павла Александровича на тему «Совершенствование технологических и конструктивных параметров процессов воздушного охлаждения металла в камерных печах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика.

Диссертационная работа Гнитиева П. А. состоит из введения, 4-х разделов, общих выводов, приложений и списка использованных источников. Диссертация изложена на 150 страницах машиннописного текста, в том числе 133 страницы основного текста, 13 страниц списка использованных источников из 129 наименований, приложений на 4 страницах.

### **Актуальность выбранной темы диссертационной работы**

Актуальность исследования процессов термообработки и воздушного охлаждения металла в камерных печах связана, в частности, с практической точки зрения с тем, что основные прочностные и качественные характеристики при производстве стальных изделий закладываются именно на этом этапе. От точности контроля на этом этапе производства зависит качество выпускаемой продукции. Наряду с этим, в свете высоких цен на топливо, остро стоит вопрос энергоресурсосбережения, решение которого напрямую зависит от рациональной загрузки печных агрегатов и оптимизации проведения процесса тепловой обработки.

В связи с этим можно утверждать, что диссертационное исследование Гнитиева П.А., направленное на совершенствование подходов к оценке теплового состояния металла и анализе способов интенсификации конвективного теплообмена при воздушном охлаждении металла в камерных печах, актуальна и найдет применение в промышленности.

### **Связь работы с научными программами**

Работа выполнена в соответствии с исследованиями проведенными в рамках госбюджетной темы «Совершенствование технологических и конструктивных параметров процессов воздушного охлаждения материалов».

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Экспериментальные исследования на физической модели камерной печи проведены корректно, с использованием сертифицированных средств измерения.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, достоверность полученных результатов подтверждается следующими обстоятельствами:

- использованы фундаментальные законы конвективного и лучистого теплообменов;
- соблюдены балансовые соотношения;
- применены точные, поверенные приборы и датчики, а также реализованы апробированные методы численного моделирования;
- проверена адекватность результатов экспериментальных и расчетных исследований диссертанта;
- полученные результаты не противоречат фундаментальным законам.

## **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

**Научная новизна** работы Гнитиева П.А. заключается в следующих пунктах:

1. Впервые получены критериальные уравнения, описывающие сложный теплообмен при омывании цилиндрических и кубических тел в камерных печах.
2. Установлено количественное влияние параметров футеровки на время реализации процесса воздушного охлаждения металла. Отмечены перспективы ускорения операции благодаря применению концептуальной компоновки футеровки.
3. На примере создания дополнительных пульсаций потока благодаря использованию вращающейся заслонки неполного перекрытия канала показано усиление коэффициента конвективной теплоотдачи от охлаждаемых заготовок.

4. Установлен механизм съема тепла с металла с определением долей конвекции и излучения при воздушном охлаждении цилиндрических тел.
5. Предложена методика определения и установлено значение местного сопротивления вращающейся заслонки неполного перекрытия.

**Практическая значимость** исследований Гнитиева П.А. заключается в создании быстрой и устойчивой математической модели расчета процесса воздушного охлаждения металла в камерных печах, к преимуществам которой можно отнести возможность учета различных параметров обрабатываемых заготовок, компоновки теплоизоляционных материалов и высокую скорость вычислений в совокупности с высоким уровнем точности. Автором создана методика проектного расчета воздушного охлаждения, которая представляет практический интерес для инженеров конструкторов при проектировании и выборе оборудования. Кроме того, предложена система диагностики и контроля процесса воздушного охлаждения, которая реализуется на существующем оборудовании машиностроительных предприятий и не требует дополнительных капиталовложений. Реализация подобной системы позволит улучшить качество производимых заготовок. Автором получен патент на способ определения коэффициента конвективной теплоотдачи для различных схем контакта газообразной среды и охлаждаемых тел.

#### **Достоинства и недостатки диссертации**

В целом диссертация представляет собой законченную научно-прикладную работу и хорошо проиллюстрирована. Автореферат содержателен и полностью отражает основную суть выполненной работы. Выводы не выходят за пределы полученных автором результатов.

Однако к работе имеются следующие замечания.

1. При формулировке новизны полученных результатов (с. 6 диссертации и с. 2 автореферата) в первых двух пунктах – 5 строк совершенно одинаковые. Эти два пункта следовало бы объединить в один.
2. На стр. 8 и 9 автор информирует, что им запатентован «способ определения коэффициентов конвективной теплоотдачи для разных

схем контакта газообразной среды и металла». Во-первых, интересно, в чем состоит суть метода, а во-вторых, необходимо было привести номер патента и дату публикации.

3. В математическом моделировании при задании граничных условий III рода и при обосновании перехода от трехмерной модели к одномерной (стр. 45-46), автор принимает «коэффициент итоговой теплоотдачи от металла к охлаждающему воздуху» как его «среднее значение на основании литературных данных». При этом не указывает конкретное принятое значение. Приведенные автором значения  $\alpha$  в первом разделе в разы отличаются друг от друга: с.22: «В таких печах коэффициент теплоотдачи варьируется в диапазоне от **50 до 70 Вт/м<sup>2</sup>·К**»; с. 31: «Коэффициент теплоотдачи предлагается выбирать из разумного диапазона: **10 – 30 Вт/м<sup>2</sup>·К**».

4. С.47 – возможна опечатка, т.к. нельзя исключать из рассмотрения фактическое значение коэффициента теплоотдачи на «боковых поверхностях» цилиндрических заготовок, на которых судя по схеме (рис. 2.1) и находится исследуемое автором «пятно обдува».

5. На с.52 (уравнение 2.10) автор утверждает, что в приведенном коэффициенте излучения в системе «металл - футеровка» учтены соответствующие угловые коэффициенты.

- Не ясно, автор сам получил зависимость для вычисления такой сложной геометрической характеристики, как угловой коэффициент излучения системы тел? Известно, что вычисление углового коэффициента

( $\int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi \cdot r^2} dF_2$ ) представляет большие математические трудности

даже для простейших случаев теплообмена излучением между двумя телами, расположенными не параллельно друг другу.

6. С. 54: не бывает «лучистой теплопередачи», существует лучистая теплоотдача.

7. Достоверность моделирования охлаждения металла в печи с помощью «нагрева» кубиков льда вызывает большие сомнения:

а) в части геометрического подобия, сомнительно – кубики льда в процессе таяния непрерывно меняют свои размеры и форму – и какими

будут эти размеры, когда экспериментальная установка выйдет на свой «рабочий режим» (стр.76);

в) в части теплового подобия - согласно третьей теореме подобия - два процесса нестационарной теплопроводности подобны, если они имеют одинаковые числа  $Bi$ , т.е.  $Bi_1 = Bi_2$ .

Анализовались ли автором значения чисел  $Bi$ ?

8. В выводах автором декларируется, что разработанная математическая модель – «учитывает долю конвективной и лучевой составляющей в общем количестве отводимой теплоты от металла». Как?

9. С.85 – почему в качестве характерного линейного размера для вычисления чисел подобия принят диаметр цилиндра, а не его радиус?

10. Какой конкретный вид зависимости  $\alpha(V,s)$  в уравнениях (4.10 – 4.16)? Насколько математически корректными являются уравнения, приведенные на стр. 123 – как посчитать сомножитель:

$$\alpha(9,97;1,5) \text{ -?}$$

11. Схема ступенчатого регулирования в системах нагрева, приведенная на рис.1.17 (стр.30) - не читается т.к. не приведены ни экспликация, ни условные обозначения.

12. В выводах работы недостаточно внимания уделено конкретным рекомендациям для производства.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации и не влияют на теоретические и практические результаты исследований. В целом замечания носят уточняющий или рекомендательный характер и могут быть уточнены в дальнейших исследованиях.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным**

Несмотря на перечисленные замечания, считаю, что диссертация Гниatieва П.А. является законченным трудом, в котором на основании выполненных автором исследований и разработок осуществлено решение важных научно-практических задач: предложен оригинальный способ нахождения коэффициента конвективной теплоотдачи от тел, омываемых воздушной средой; на основе эксперимента и численного моделирования объяснен меха-

низм теплосъема с поверхности тел при охлаждении и дана количественная оценка влияния параметров футеровки на время реализации операции охлаждения металла в печи. Эти результаты имеют важное значение для теплотехники и теплоэнергетики.

Диссертация Гнитиева П.А. соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям и паспорту научной специальности, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент:  
заведующий кафедрой теплотехники,  
теплогазоснабжения и вентиляции  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная  
академия строительства и архитектуры»

д.т.н., профессор,  
286123, ДНР, г. Макеевка,

ул.Державина, 2

+38 (0623) 22-74-71

mailbox@donnasa.ru

<http://www.donnasa.org/>

 Лукьянов Александр Васильевич

Подпись А.В. Лукьянова подтверждаю

ученый секретарь



М.А.Гракова