

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

**Беззуб Александры Андреевны** на тему «*Повышение эффективности процессов теплопереноса в технологии внепечной обработки стали*», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 - Промышленная теплоэнергетика

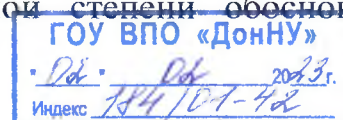
### Актуальность темы

Одну из доминирующих ролей в совершенствовании перспективных технологий металлургического производства играют вопросы повышения эффективности процессов теплопереноса на различных этапах плавильного передела. Обеспечение повышенного качества металла, улучшение технико-экономических характеристик, экономия энергетических ресурсов, достижение более высоких показателей энергоресурсосбережения, всё это достигается путём оптимизации процессов теплопереноса. А рациональные параметры тепловых технологических процессов достигаются при совершенствовании способа внепечной обработки стали продувкой металла аргоном через днище ковша при атмосферном давлении под слоем синтетического шлака. Однако при этом возникают проблемы энергоресурсосбережения. Исходя из экспериментальных данных некоторых ученых, продувка расплава аргоном через пористые элементы днища ковша обладает повышенной эффективностью процессов теплопереноса при внепечной обработке стали. Однако, ряд вопросов ее совершенствования требует дальнейшего исследования. Так, в частности, при практикуемых на данный момент различных вариантах распределения пористых элементов в днище ковша металлурги сталкиваются с усиленным износом части элементов его футеровки, вызванным вихревыми движениями потоков жидкой стали, возникающими при продувке. Из этого следует, что до сих пор возникает проблема выбора рационального положения пористых элементов в днище, решив которую возможно было бы достичь заданный уровень рафинирования металла, а также уменьшить износ футеровки и экономить энергоресурсы. В этом и заключается актуальная научная задача данной работы, а именно в достижении повышенных показателей энергоресурсосбережения в металлургии стали.

### Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Результаты исследований диссертационной работы Беззуб А.А. не вызывают сомнений благодаря тщательно проработанным методам, таким как: применение апробированных моделей конечно-разностного метода для 3- мерных дифференциальных уравнений Фурье и Навье-Стокса с граничными условиями 2,3 и 4 рода; решение интегральных уравнений конвективной диффузии атомов азота в жидком металле, а также компьютерной реализации вычислительных алгоритмов на языке программирования.

Выводы и рекомендации работы в достаточной степени обоснованы



правильным подбором метода исследования, адекватностью принятых в работе допущений, а также сопоставлением расчетно-теоретических результатов с экспериментальными данными лабораторных и заводских исследований и их соответствием.

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

Достоверность полученных результатов подтверждается актом о внедрении результатов диссертационного исследования. Беззуб А.А. имеет широкую публикацию работ по теме исследования и неоднократное их обсуждение на конференциях и научных семинарах различного уровня.

Новизна в подходе к решению поставленных в работе задач позволила автору получить новые результаты, которые имеют не только научную, но и практическую значимость.

#### ***Научная новизна работы заключается в следующем:***

1. Впервые проведено компьютерное моделирование процессов конвективного теплопереноса атомов азота в жидком металле при внепечной деазотации, которое учитывает пространственную структуру температурного поля в расплаве и несимметричность расположения продувочных устройств в днище ковша.

2. Исследовано влияния характера нагрева шлака, покрывающего жидкий металл, на его температурный режим. Выявлены режимы нагрева шлака, обеспечивающие как поддержание температуры металла на необходимом уровне, так и сокращение энергозатрат при его внепечной обработке.

3. Впервые исследована разрушающая способность вихревого движения жидкого металла, вызывающего истощение футеровки ковша. Выявлены области наиболее подверженные фактору данных высокотемпературных деструктивных воздействий. Представлены рекомендации по усилению этих областей для повышения длительности эксплуатации футеровки стенок ковша.

4. Впервые получена зависимость степени деазотации расплава железа от интенсивности продувки аргоном через несимметрично расположенные в днище ковша пористые элементы.

***Практическая значимость работы*** состоит в разработке рекомендаций по обеспечению рациональных параметров энергоресурсосбережения при нагреве шлака, покрывающего расплав металла, о необходимости и характере защитных мер для минимизации факторов разрушительного воздействия вихревого движения разогретого жидкого металла на футеровку стенок ковша, по выбору рациональных параметров интенсивности продувки жидкой ванны аргоном. Получен акт № 43204-337 от 07.12.2022 о внедрении результатов диссертационного исследования в условиях ООО «ЮГМК» Филиала №2 «Енакиевский металлургический завод».

### **Замечания**

По содержанию диссертации и автореферата есть ряд замечаний и

вопросов, из которых наиболее важны следующие:

1. Предложения имеют сложную структуру, что затрудняет верное понимание информации.

2. В постановке задачи используются уравнения Навье-Стокса, а процессы, протекающие в ковше жидкого металла существенно турбулентные, поэтому чтобы применять уравнения Навье-Стокса необходимо подбирать коэффициенты более близкие к ламинарному вихревому течению металла в ковше.

3. В уравнениях Навье-Стокса значения некоторых скоростей принимались постоянными, так как они внесены под знак производных. А при расчётах эти скорости изменяются.

4. В приведенных уравнениях теплопроводности не учтена теплота источников тока.

5. Желательно было бы в автореферате привести вид уравнений, записанных с помощью метода конечных разностей.

6. На рисунке 7 в автореферате сравниваются результаты расчетных данных с экспериментальными, но параметры расчетов переменных не совпадают, хотя они и близки.

7. В описании к рисунку 8 автореферата не указаны интервалы по времени продувки, которые достаточны для обеспечения степени очистки металла от азота.

8. В выводах не приведено конкретных численных результатов, отражающих решение поставленных задач.

**Заключение о соответствии диссертации критериям,  
установленным п. 2.2. Положения о присуждении ученых степеней  
кандидата технических наук**

Указанные выше недостатки и замечания не могут кардинально повлиять на главные теоретические и практические результаты исследований, а также на общую положительную оценку диссертационной работы. Замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены в дальнейшей научно-практической деятельности автора.

В целом, диссертационная работа Беззуб Александры Андреевны на тему «Повышение эффективности процессов тепломассопереноса в технологии внепечной обработки стали», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 - Промышленная теплоэнергетика, является научно-квалификационной работой, в которой представлено решение актуальных научно-практических задач исследования процессов тепломассопереноса в технологии внепечной обработки стали, разработана компьютерная модель конвективного тепломассопереноса в жидком металле в условиях рассматриваемого варианта технологий, установлена адекватность этой модели путём сравнения расчётных и экспериментальных данных, разработаны энергоресурсосберегающие режимы рассматриваемого варианта технологий.

Автореферат диссертации соответствует ее тексту. Публикации по теме диссертации полностью отражают ее основные положения. В связи с этим, диссертация Беззуб Александры Андреевны соответствует требованиям ВАК Донецкой Народной Республики, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 - Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры физики и прикладной химии  
Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры»,  
286123, г. Макеевка,

ул. Державина, 2

тел.: +7-856-343-7033

e-mail: mailbox@donnasa.ru

(подпись)

Дрёмов Владимир Владимирович

Я, Дрёмов Владимир Владимирович, согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело и их дальнейшую обработку.

(подпись)

Подпись Дремцова В.В.

Заверено



Дремцова В.В.