

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Володина Алексея Михайловича** на тему «Изучение влияния свободной конвекции на гидродинамику печей с барботажным слоем типа печей Ванюкова и Ромелт с целью разработки методов повышения их удельной производительности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 26 марта 2020 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 09 декабря 2019 г., протокол № 14.

Диссертация выполнена на кафедре «Энергоэффективные и ресурсосберегающие промышленные технологии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС») Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Сборщиков Глеб Семенович, научный руководитель ООО «Экотепломаш».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол №14 от 09.12.2019 г.) в составе:

1. Кожухов Алексей Александрович – председатель, д.т.н., доцент, Старооскольский технологический институт (филиал) НИТУ «МИСиС», заведующий кафедрой металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой;

2. Симонян Лаура Михайловна, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Металлургия стали, новые производственные технологии и защита металлов» НИТУ «МИСиС»;

3. Семин Александр Евгеньевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Металлургия стали, новые производственные технологии и защита металлов» НИТУ «МИСиС»;

4. Бухмиров Вячеслав Викторович, д.т.н., профессор, профессор кафедры теоретических основ теплотехники ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»;

5. Спирин Николай Александрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теплофизики и информатики в металлургии ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- реализован новый, не имеющий аналогов, подход к описанию гидродинамики ванны исследуемых печей. Автор впервые использовал гипотезу о влиянии гравитационных сил на процесс перемешивания ванны. Показано, что источником возникновения циркуляции расплава в ванне рассматриваемых печей является переменное поле силы тяжести, возникающее в слое в результате неравномерного распределения по ее объему газовой фазы;
- автором, на основании указанного подхода, выполнены численные исследования существующих в настоящее время гидродинамических режимов работы ванн исследуемых печей и разработан режим продувки, включающий рекомендации по выбору скорости газов на выходе из фурмы в слой в зависимости от плотности расплава в ванне и его высоты над продольной осью фурмы. Показано, что при реализации рекомендуемого режима продувки интенсивность перемешивания ванны должна возрасти в 3 раза против существующей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- создана новая математическая модель гидродинамики ванны, основанная на теории конвективной устойчивости, отличающейся от существующих моделей тем, что в ней учитывается переменный характер плотности ванны, что делает переменными все силы, формирующие гидродинамический режим ванны;
- показана превалирующая роль гравитационных сил на процесс перемешивания ванны;
- изучены возможные режимы перемешивания ванны и показано, что при любом режиме продувки решающее значение в процессе перемешивания играют гравитационные силы, возникающие в фурменной зоне печи.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- автором разработано программное обеспечение для реализации созданной математической модели на компьютере;

- выполнены численные исследования гидродинамики действующих промышленных печей с барботажным слоем и показано, что при существующих режимах продувки ванна не чувствительна к изменению режима продувки;

- разработан оптимальный режим подачи газа в ванну печи: расход газа на печь должен выбираться из условия, что скорость газа на срезе фурмы равняется 0,85 скорости звука в воздухе для данных условий (температуры и давления), а высота уровня спокойной ванны (без продувки) должна находиться в интервале от 11 до 19 диаметров выходного отверстия фурмы. Рекомендации переданы потребителю, получен соответствующий Акт о внедрении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- верификация производилась путем сопоставления результатов расчета локальных значений кажущейся плотности ванны в фурменной зоне и на поверхности барботажного слоя, а также изменения осредненного значения плотности ванны по высоте барботажного слоя. Хорошее согласование результатов численных исследований с экспериментальными данными, полученными ранее другими авторами, подтверждает достоверность полученных результатов.

- созданная автором математическая модель построена на основании фундаментальных законов природы: закона сохранения импульса и закона сохранения массы, в которой впервые учтен переменный характер кажущейся плотности барботажного слоя.

Личный вклад соискателя состоит в том, что он, рассматривая гидродинамику печей с барботажным слоем типа печей Ванюкова и Ромелт, считает определяющим действие гравитационных сил, в отличие от общепринятого подхода, в котором определяющим является механическое взаимодействие потока газа с расплавом. При этом ссылается на фундаментальные работы, выполненные отечественными и зарубежными исследователями. Указанный подход позволил автору уточнить математическую модель гидродинамики двухфазной системы «газ-жидкость», реализация которой дала возможность получить принципиально новые данные о характере перемешивания ванны, о структуре ее циркуляции в зависимости от режима продувки и о влиянии указанного режима на производительность печи.

Соискатель представил 11 опубликованных работ по теме диссертации, из них 3 опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, одна из которых переведена на английский язык и опубликована в журнале, входящем в международную библиографическую базу данных Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация **Володина Алексея Михайловича** соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований и решенных задач представлены рекомендации по выбору оптимальной скорости и объема расплава, находящего в печи, которые могут быть применены при разработке новых конструкций печей типа Ванюкова и Ромелт в металлургии и других отраслях промышленности.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения **Володину Алексею Михайловичу** ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования: экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании из 5 человек, входивших в состав комиссии, проголосовала: за 4, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии
д.т.н., доцент



А.А. Кожухов

26.03.2020.