

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Горного
университета, профессор

Папкевич Н.В.

«03» октября 2018 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации –

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»
на диссертацию Федотовой Екатерины Сергеевны **«Исследование выбросов
плави́льной пыли от сталеплави́льных агрегатов на основе математиче-
ской модели её образования»**, представленную на соискание ученой степе-
ни кандидата технических наук по специальности 05.16.07 - «Металлургия
техногенных и вторичных ресурсов»

1. Актуальность темы диссертации

Охрана окружающей среды является одной из приоритетных задач, поставленной металлургам при переходе Российской Федерации с 2019 года на новую систему экологического регулирования, обусловленную необходимостью повышения уровня жизни населения в промышленно развитых городах, в том числе с развитым металлургическим производством. Хорошо известно, что значительное количество металлургических процессов и технологий, сопровождаемых образованием высокодисперсной пыли, подлежащей улавливанию и утилизации. Крупными источниками образования тонкодисперсной пыли в металлургии чёрных металлов являются конвертерный и электросталеплави́льный передел. При этом большие объёмы пыли, нестабильный, высокотемпературный поток пылегазовой смеси, образующийся в вертикальных кислородных конвертерах или дуговых сталеплави́льных печах, делают невозможным непрерывный контроль запыленности газоходного тракта известными средствами в условиях периодической работы агрегатов. В связи

с этим разработку научно обоснованных методов технологического контроля пылегазовых выбросов и на этой основе создание эффективных технологических решений для их снижения, очистки и в конечном итоге утилизации представляет актуальную задачу современного металлургического производства. При этом автор обоснованно предлагает решение поставленной задачи путём построения математической модели образования пыли и её выноса на основе обобщения известных физико-химических превращений, протекающих в сталеплавильных агрегатах, что позволяет раскрыть наиболее значимые показатели и характеристики пылегазового потока, необходимые для учёта и регулирования выбросов в окружающую среду.

2. Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, заключения, библиографического списка и 7-ми приложений.

Во «введении» дана общая характеристика диссертационной работы, обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы основная цель и задачи исследования.

В первой главе приведен литературный обзор имеющейся информации о характеристиках металлургической пыли, образующейся в сталеплавильных печах различных типов, рассмотрены основные научные теории о механизме образования плавильной пыли.

Во второй главе приведены основные положения теории испарительно-го образования плавильной пыли и обоснован выбор преобладающей роли данного механизма для моделирования процесса формирования пылевых выбросов. На основании известных уравнений теории испарения и конденсации жидкостей предложено математическое описание процесса образования пыли, дающее возможность оценить размер, химический состав и массовый выброс пыли. В модель вошли уравнения для расчета скорости испарения компонентов расплава с поверхности жидкой ванны, размеров и температур зон выгорания примесей. Методом численного анализа математической модели установлено, что основным фактором, влияющим на массу образующейся

плавильной пыли, является температура реакционной зоны, определяемая теплом окисления примесей или подводом энергии извне.

В третьей главе, применительно к предложенной математической модели образования пыли в печных агрегатах чёрной металлургии разработана и приведена методика расчета выбросов плавильной пыли от кислородных конвертеров и ДСП (дуговых сталеплавильных печей) различной ёмкости.

В четвертой главе диссертационной работы приведены материалы апробации предложенной математической модели и расчетной методики путём сопоставления результатов расчёта с данными инструментальных измерений выбросов пыли и лабораторных исследований экспериментальных образцов, а также известными данными по материалам публикаций последних лет.

3. Научная новизна диссертации заключается:

- в разработке математического аппарата для учета выбросов плавильной пыли, включающего уравнения для расчета размера и температуры активной зоны испарения в кислородном конвертере и электродуговой печи;
- в разработке метода расчета мощности пылевых выбросов, химического и дисперсного состава плавильной пыли из сталеплавильных агрегатов в зависимости от времени плавки и исходного состава шихтовых материалов;
- в установлении факторов, оказывающих значимое влияние на процесс образования плавильной пыли, к которым относятся: химический состав расплава, и в первую очередь – содержание в нем примесей, имеющих высокий тепловой эффект окисления; окислительный потенциал контактирующего с ним газа и скорость подвода к поверхности расплава энергии извне.

4. Практическая значимость работы:

- предложенная автором математическая модель формирования пыли в плавильных агрегатах чёрной металлургии позволяет прогнозировать потери расплава с пылью и разработать рекомендации для сокращения ее выбросов;
- расчетный способ определения состава выбросов плавильной пыли из сталеплавильных печей позволит корректно подбирать систему очистки выбросов от пыли, а также способ утилизации уловленной пыли;

- разработана методика расчета выбросов плавильной пыли в атмосферный воздух, которая позволит отказаться от трудоёмких и дорогостоящих экспериментальных способов контроля.

5. Достоверность и апробация результатов.

Достоверность и обоснованность выводов по работе обеспечивается системным подходом к объекту исследования, основанному на использовании фундаментальных закономерностей, анализе известных теоретических представлений и технологических решений, а также результатов экспериментальных исследований. Достоверность результатов обеспечена обоснованным использованием теоретических зависимостей, допущений и ограничений, корректностью выбранных методов исследования, применением известных численных методов и подтверждается качественным и количественным согласованием результатов расчетов с экспериментальными данными.

Материалы диссертации неоднократно докладывались на научно-практических конференциях и были опубликованы в сборниках научных трудов.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Полученные автором результаты исследования рекомендуются к использованию:

- экологическими надзорными организациями для оценки воздействия сталеплавильного производства на окружающую среду;

- непосредственно на металлургических предприятиях (проектируемых и действующих) для корректного подбора газоочистного оборудования, внедрения мероприятий по снижению выбросов мелкодисперсной пыли и выбора способа утилизации плавильной пыли;

- в научно-исследовательских и проектных учреждениях, работающих в области защиты атмосферного воздуха и составления экологической документации для металлургических производств.

7. Общая оценка диссертации, вопросы и замечания.

Диссертация изложена на 217 страницах машинописного текста, со-

держит 11 таблиц и 72 рисунка. Оформление диссертации производит благоприятное впечатление, а графические и табличные материалы достаточно полно отражают полученные автором результаты. Список литературы включает 106 наименований, в том числе ссылки на современные отечественные и зарубежные публикации, специальную научно-техническую документацию, монографии, учебную и патентную литературу по объекту исследования.

Текст изложения диссертации – научный, технически грамотный. Все главы работы логически связаны между собой, содержат выводы, по которым можно судить о завершенности раздела и решении задач на конкретном этапе исследования. Приведенные в работе рисунки и графики выполнены качественно и полноценно дополняют текстовую информацию. Автореферат отвечает основному содержанию работы, а поставленные в диссертации задачи решены в полном объеме.

По содержанию диссертации и автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. В работе используется не рекомендуемое ВАК наименование темы, включающее в качестве предмета изучения «**Исследование** выбросов плавильной печи.....», так как **исследование** обладает незавершённостью действия, а диссертация должна содержать законченное решение поставленной задачи или новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, и в рассматриваемой работе все эти моменты, безусловно, присутствуют.

2. Требуется пояснить, что даёт основание отнести пылевые выбросы плавильных агрегатов чёрной металлургии к категории «токсичных»?

3. Известно, что механический вынос пыли во многих пирометаллургических процессах имеет существенное значение. Какое значение имеет этот механизм формирования пылегазовых выбросов в рассмотренных плавильных агрегатах и как он учитывается в предложенной модели?

4. На рис. 2.17 и в табл. 2.3 отсутствует ссылка на заимствование. Чем подтверждается равновесный характер давления паров металла в рассматри-

ваемых технологических процессах, и какой вклад вносит тепловой эффект испарения металлов в тепловой баланс процессов?

5. Чем объясняется идентичность по форме рисунков 2.18 и 2.21, 2.19 и 2.24 при отличии в размерности ординат?

6. Раздел 2.3 «Расчёт массы плавильной пыли при выплавке цветных металлов и сплавов» не отвечает в полной мере поставленным в работе задачам.

7. По материалам раздела 4 не вполне понятно и требует пояснений доказательство адекватности разработанной модели реальному процессу.

8. Проект инженерной методики приведён после разработки модели, которая не прошла проверку на адекватность, поэтому было бы логичным выполнить данную разработку после верификации математической модели, приведённой в разделе 4.

Высказанные замечания носят частный, уточняющий или дискуссионный характер и не оказывают существенного негативного влияния на качество представленных результатов и их научно-технологическую значимость.

7. Заключение.

Результаты исследований и разработок Федотовой Е.С. содержатся в 5 печатных работах, опубликованных в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ, одновременно входящих в международные наукометрические базы Scopus и Web of Science. Результаты работы представлены на пяти международных конференциях, отвечающих научному профилю выполненного исследования.

Диссертация Федотовой Е.С. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором на современном научном уровне, содержит результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью для металлургического комплекса страны и решения задачи эффективного контроля пылегазовых выбросов крупнотоннажных плавильных агрегатов, что способствует достижению экологического эффекта в ре-

гионах с развитой металлургической промышленностью. Это позволяет считать, что диссертация Федотовой Е.С. соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., №842, а ее автор – Федотова Екатерина Сергеевна достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 – «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры металлургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». Присутствовало на заседании 10 чел., результаты голосования: «за» – 10, «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол заседания №4 от «03» октября 2018 г.

Председатель заседания –

заведующий кафедрой металлургии,

доктор технических наук



Бричкин Вячеслав Николаевич

Секретарь заседания –

инженер кафедры металлургии



Брылевская Елена Анатольевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Почтовый адрес: 199106, г. Санкт-Петербург, 21 линия дом 2.

Тел. (812) 328-84- 59, e-mail: kafmet@spmi.ru.