

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2022»**

Труды

XXIII Международной научно-практической конференции

23– 25 ноября 2022 г.

Часть 2

**Новокузнецк
2022**

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия

д.т.н., академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., доцент А.Б. Юрьев,
д.т.н., профессор С.В. Коновалов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., доцент Д.А. Чинахов,
к.т.н. Р.А. Шевченко, к.т.н., доцент О.А. Полях,
к.т.н. Е.Н. Темлянцева, д.т.н., доцент В.В. Зимин

М 540 Металлургия : технологии, инновации, качество : труды XXIII
Международной научно-практической конференции.
В 2 частях. Часть 2 / под общ. ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр.
ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2022. – 410 с. : ил.

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и
практики металлургических процессов, технологий обработки материалов,
автоматизации, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов
металлургического производства.

Конференция проводится ежегодно.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

АДМИНИСТРАЦИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА КУЗБАССА
ФГБОУ ВО «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

АО «РУСАЛ-НОВОКУЗНЕЦК»

АО «КУЗНЕЦКИЕ ФЕРРОСПЛАВЫ»

АО «НЗРМК им. Н.Е. КРЮКОВА»

ЛЯОНИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ, Г. АНЬШАНЬ, КНР

ОАО «ЧЕРМЕТИНФОРМАЦИЯ»

ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ»

ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК СИБГИУ»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «КУЗБАСС»

АО «КУЗБАССКИЙ ТЕХНОПАРК»

РОЛЬ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Волченкова О.А., Михайличенко Т.А.</i>	297
ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ К АГЛОШИХТЕ <i>Урусов Д.Н., Михайличенко Т.А.</i>	306
РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ЗА ПАРОГЕНЕРАТОРАМИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ТЭЦ ФИЛИАЛА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ГАЗООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Големинов С.П., Михайличенко Т.А.</i>	314
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ <i>Павловец В.М.</i>	322
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОКОМКОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШИХТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОКАТЫШЕЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИЕ ДОБАВКИ <i>Павловец В.М.</i>	329
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Романова В.А., Дробышев В.К.</i>	338
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ВЗАИМОВОСТРЕБОВАННЫХ УСТАНОВОК С ЦЕЛЬЮ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА НА СТАДИИ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Филиппов В.А.</i>	344
СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	352
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ МОНТАЖЕ ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ <i>Немчинова Н.В., Тузов А.В., Геройменко А.В., Апончук И.И.</i>	352
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ЗАВИСИМЫМИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ <i>Свинцов М.М., Скударнова Н.В., Ивушкин К.А., Макаров Г.В., Мышляев Л.П.</i>	358
ЗАДАЧА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ СО СТРУКТУРНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТЬЮ <i>Загидулин И.Р., Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Свинцов М.М.</i>	363
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Коровин Д.Е., Грачев В.В., Макаров Г.В., Кулюшин Г.А., Скударнова Н.В.</i>	369
МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАНТОВАНИЯ УГОЛЬНОГО ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ "ПЧ-АД" <i>Клевцов С.А., Модзелевский Д.Е.</i>	376
СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ, ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ <i>Макаров Г.В., Мышляев Л.П., Чинахов Д.А., Ивушкин К.А.</i>	384
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕННОЙ ПУСКОНАЛАДКИ НА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>Кулюшин Г.А., Мышляев Л.П., Грачев В.В., Коровин Д.Е.</i>	391

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ЗА
ПАРОГЕНЕРАТОРАМИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ТЭЦ
ФИЛИАЛА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ГАЗООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Големинов С.П., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, goleminov.serega@yandex.ru*

***Аннотация.** В работе представлена краткая характеристика Западно-Сибирской ТЭЦ, проанализировано количество выбросов загрязняющих веществ, рассмотрено техническое описание золоулавливающей установки, приведены недостатки существующей системы газоочистки и приведена предлагаемая реконструкция золоулавливающей установки, а так же, описана сущность проблемы повышения экологической безопасности энергетического комплекса.*

***Ключевые слова:** котел, дымовые газы, вредные выбросы, газоочистка, золоуловитель.*

**RECONSTRUCTION OF THE GAS CLEANING SYSTEM
BEHIND THE STEAM GENERATORS OF THE WEST SIBERIAN
CHPP BRANCH OF JSC EVRAZ ZSMK BY REPLACING GAS CLEANING
EQUIPMENT**

Goleminov S.P., Mikhailichenko T.A.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, goleminov.serega@yandex.ru*

***Abstract.** The paper presents a brief description of the West Siberian thermal power Plant, analyzes the amount of pollutant emissions, considers the technical description of the ash-collecting plant, shows the shortcomings of the existing gas purification system and the proposed reconstruction of the ash-collecting plant, as well as describes the essence of the problem of improving the environmental safety of the energy complex.*

***Keywords:** boiler, flue gases, harmful emissions, gas cleaning, ash collector.*

Западно-Сибирская ТЭЦ расположена в Кемеровской области на правом берегу реки Томь и предназначена для покрытия базисных нагрузок Кузбасской энергосистемы. Установленная мощность электростанции 600 МВт.

Выбросы в атмосферу из дымовых труб ТЭЦ составляют: золы 279,32 г/с, SO₂ 483,1 г/с и 485,3 г/с NO_x. Годовой выброс золы от дымовых труб составляет 6178,2 т/год. Выброс по золе в летний период превышает ПДК по золе в 1,56 раза, в зимний период в 1,75 раза. Выбросы по SO₂ и NO_x ПДК не превышают.

На электростанции сооружены две дымовых трубы высотой 100 и 150 метров. В котельном цехе первой очереди установлено шесть котлоагрегатов БКЗ – 210. На каждый котел приходится по четыре мокрых золоуловителя. Мокрые золоуловители работают с недоработкой и поэтому запыленные газы очищаются недостаточно (конечная запыленность газа равна 0,53 г/м³) [1].

Основной целью исследования является увеличение эффективности пылеулавливания золоуловителей. Для этого предлагается сделать реконструкцию золоулавливающей установки, которая заключается в следующем:

— замена золоуловителей типа МВ-УО ОРГРЭС на золоуловители с вертикальными трубами Вентури;

— четыре горизонтальные ТВ с подводящими газоходами должны быть заменены на две круглые вертикальные ТВ;

— схему подвода дымовых газов к скрубберу, одна ТВ к одному скрубберу, заменить на схему – одна ТВ к двум каплеуловителям;

— для орошения трубы Вентури применить центробежно-струйную форсунку;

— на горловине ТВ смонтировать акустическую систему интенсификации золоулавливания.

Тем самым уменьшится запыленность дымовых газов до 0,19 г/м³.

Предлагается два способа по снижению концентрации оксидов азота:

— очистка дымовых газов от оксидов азота при ступенчатом сжигании топлива,

— очистка дымовых газов от оксидов азота по технологии селективного некаталитического восстановления.

Для более эффективной работы газоочистных установок и для удобства работы котельщиков разработана функциональная схема системы автоматизации, контроля и регистрирования основных технологических параметров процесса газоочистки.

При расчете экономической эффективности природоохранных мероприятий был подсчитан предотвращенный ущерб, который после реконструкции золоулавливающей установки составит 6081,4 тыс.рублей, и дополнительные капитальные затраты, связанные с реконструкцией золоулавливающей установки, составят 6956,16 тыс. руб.. Таким образом срок окупаемости капитальных вложений составит 1,8 года.

На Западно-Сибирской ТЭЦ установлено 11 котельных агрегатов. Они являются основным источником загрязнения атмосферного воздуха, дымовые газы от которых поступают в атмосферу через 2 источника организованных выбросов – дымовые трубы, а также имеется ряд вспомогательных участков, выбросы вредных веществ от которых попадают в атмосферу как организованным, так и неорганизованным путем. С продуктами сгорания топлива в атмосферу через дымовые трубы ЗС ТЭЦ выбрасываются летучая зола, сернистый ангидрид и диоксид азота [2].

Время работы источников выделения вредных веществ – круглосуточное, непрерывное.

Производственные участки ЗС ТЭЦ, вредные выбросы от которых попадают в атмосферу организованным путем:

— механический участок (металлообрабатывающие и заготовочные станки) и кузница;

— зарядка аккумуляторов в гараже и зарядка аккумуляторных батарей;

— заводка двигателей автотранспортной техники в гараже;

— пропитка обмоток двигателей;

— мазутное хозяйство и маслохозяйство;

— перекачка кислот и щелочей из цистерн; – автозаправочная станция;

— деревообрабатывающие станки.

Источниками неорганизованных выбросов на ЗС ТЭЦ являются:

— сварочные посты;

— участок по отгрузке сухой золы; – угольный склад и вагоноопрокидыватель; – окрасочный участок.

Очистка дымовых газов от золы осуществляется в золоуловителях. В качестве золоуловителей на котлах первой очереди установлены мокрые золоуловители с трубами-коагуляторами Вентури, на котлах второй очереди – электрофильтры [1].

В таблице 1 приведены данные о выбросах в атмосферу из дымовых труб ЗС ТЭЦ.

Таблица 1 - Выбросы загрязняющих веществ за 2003 год

Наименование ингредиентов	Валовые выбросы, т/г
1. Зола твердого топлива	6178,156
2. Зола мазутная	0,141
3. Сернистый ангидрид	10685,406
4. Диоксид азота	9233,842
5. Моноокись азота	1500,502
6. Оксид углерода	618,080
Всего	28240,585
в т.ч. твердые	6178,297
в т.ч. газообразные	22037,83

Из таблицы 1 видно, что с продуктами сгорания топлива в атмосферу выбрасывается повышенное содержание золы твердого топлива, оксидов азота и сернистого ангидрида. Главная задача – снизить концентрацию данных веществ на выходе из дымовой трубы. Так как присутствует большой расход дымовых газов, то за котлом установлено 4 золоуловителя МВ-УО ОРГРЭС – мокрого типа (ЗУ), предназначенных для чистки от золы уходящих дымовых газов при сжигании твердого топлива [3].

Золоулавливающая установка (ЗУУ) включена параллельно по ходу газа и объединена общей системой орошения, строительными конструкциями и контрольно-измерительными приборами.

Золоуловитель МВ-УО ОРГРЭС представляет собой сочетание двух основных элементов: трубы Вентури (ТВ) и каплеуловителя, последовательно соединенных по ходу очищаемых дымовых газов.

Внутренняя поверхность труб Вентури, входных патрубков и каплеуловителей во избежание эрозионного и коррозионного износа покрыта защитой, выполняемой на базе футеровочной кислотоупорной плитки. Швы между плитками разделяются замазкой арзамит.

Труба Вентури служит для улавливания и коагуляции (укрупнения) золовых частиц и состоит из трех основных частей: конфузора, горловины и диффузора. Труба Вентури, прямоугольного сечения, установлена горизонтально. Для орошения ТВ служит форсуночное устройство, основным элементом которого являются центробежные механические форсунки, установленная перед ТВ [4].

Каплеуловитель служит для выделения из потока дымовых газов капель с осевшими на них золовыми частицами, а также частичного улавливания из газа золовых частиц, не осевших на каплях в ТВ. Каплеуловитель с улиткообразным вводом газа и пленочным орошением внутренней поверхности.

Нижняя часть каплеуловителя заканчивается конусом с гидрозатвором. Гидрозатвор предназначен для непрерывного удаления из каплеуловителя образующейся в нем пульпы и обеспечения при этом воздушной плотности каплеуловителя.

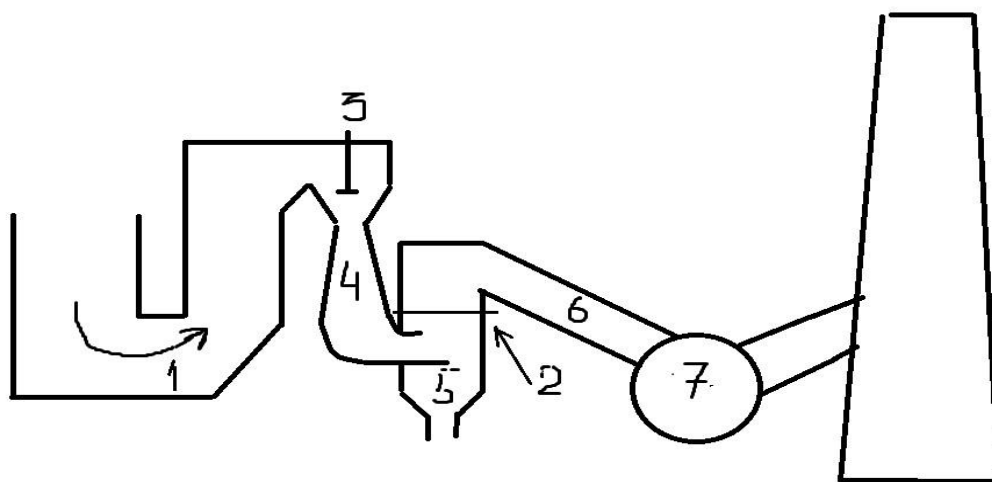
Система орошения золоуловителя служит для бесперебойного питания аппарата необходимым количеством воды, очищенной от механических примесей. Система орошения труб Вентури не имеет индивидуального регулирования расхода воды по трубам Вентури и каплеуловителям. Основные показатели газоочистной установки приведена в таблице 2. Орошение центробежных скрубберов организовано на прямую, без напорного бака. Подводы воды к форсункам ТВ выполнены неразъемными.

Средства измерения служат для обеспечения непрерывного контроля работы и

- схему подвода дымовых газов к скрубберу, одна ТВ к одному скрубберу, заменить на схему – одна ТВ к двум каплеуловителям;
 - для орошения трубы Вентури применить центробежно-струйную форсунку;
- 2) на горловине ТВ смонтировать акустическую систему интенсификации золоулавливания.

Таким образом, из котла по газоходу дымовые газы поступают в золоулавливающую установку, которая состоит из двух вертикальных труб Вентури круглого сечения и четырех каплеуловителей (разработка Кишневского энергетического института). Одна труба Вентури приходится на два каплеуловителя. За золоулавливающей установкой расположено два дымососа, поэтому вся установка находится под разрежением. По газоходу от дымососа очищенные дымовые газы поступают в боров и далее в дымовую трубу высотой 100 метров, для дальнейшего рассеивания (рисунок 1).

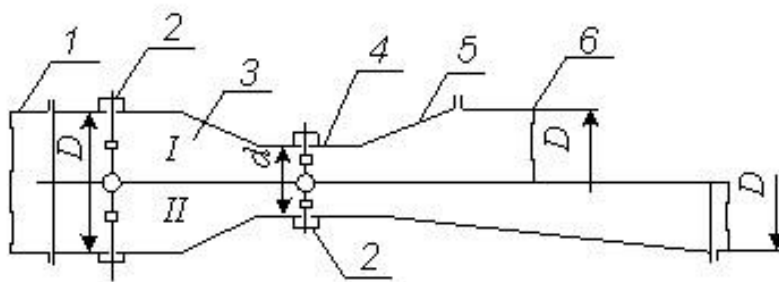
Для орошения каждой трубы Вентури можно применить центробежно-струйную форсунку производительностью 21-16 т/ч, форсунка установлена на расстоянии 800 мм от начала конфузора (в соответствии с результатами математического моделирования Кишневского энергетического института взаимодействия распыляемой жидкости с газовым потоком во входных патрубках труб Вентури) [8].



- 1 – подводящий газоход; 2 – пояс орошения каплеуловителя; 3 – форсунка орошения труб Вентури; 4 – труба Вентури; 5 – каплеуловитель;
6 – отводящий газоход; 7 – дымосос

Рисунок 1 – Схема золоулавливающей установки

На горловине трубы Вентури смонтирована акустическая система интенсификации золоулавливания. Технология акустической интенсификации базируется на концепции наложения турбулентного и акустического поля на процесс инерционной коагуляции аэрозолей в трубах Вентури. Принципиальная схема трубы Вентури, в которой происходит процесс инерционной коагуляции аэрозолей, приведена на рисунке 2.



- 1 – Входной патрубок; 2 – кольцевые камеры; 3 – входной конус;
4 – горловина; 5 – выходной конус; 6 – выходной патрубок

Рисунок 2 – Принципиальная схема трубы Вентури, в которой происходит процесс инерционной коагуляции аэрозолей

Рабочим телом аэроакустической системы служит холодный воздух, поданный с напорной части дутьевых вентиляторов котла. Расход воздуха на аэроакустическую систему составляет около 10000 м³/ч.

Технология реализована путем взаимодействия аэроакустических турбулизаторов с основным газопылевым потоком. Принцип действия аэроакустических турбулизаторов основан на явлении возникновения акустического резонанса при протекании воздуха через каналы определенной геометрии.

Газоочистные тракты за котлами объединены в одну систему. Они выходят от шести котлов в два коллектора, которые подведены к железобетонной трубе высотой $H = 100$ м и диаметром устья трубы $d_{уст} = 7$ м с двух сторон симметрично [8].

На рисунке 3 приведена схема очистки дымовых газов за котлами.

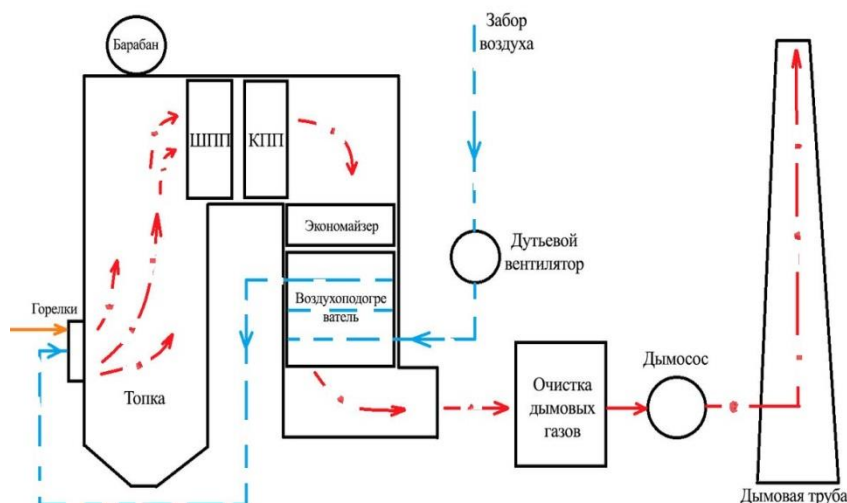


Рисунок 3 – Схема очистки дымовых газов от котлоагрегата

В настоящее время проблемы повышения экологической безопасности энергетического комплекса выдвинуты в число высших приоритетов Российской Федерации. Поэтому одной из задач является разработка и внедрение новых технологий сжигания твердого топлива не только для вновь проектируемых, но и для действующих электростанций с целью уменьшения негативного влияния на окружающую среду.

Котлы БКЗ-210-140, установленные на 1-ой очереди ЗападноСибирской ТЭЦ, работают с высокими концентрациями вредных веществ в уходящих газах, значительно превышающих существующие нормы [9].

Существенным фактором, влияющим на экологичность и надежность работы указанных котлов является сжигание Кузнецких углей, имеющих высокое содержание связанного азота, что приводит к основному вкладу топливных оксидов азота в суммарный выброс загрязняющих веществ, а также совместное сжигание указанных углей с коксовым и доменным газами сопряжено с большими трудностями, так как возникают проблемы с устойчивостью зажигания факела при резком изменении соотношения топлив при малых нагрузках.

Поэтому, в свете жестких требований природоохранных органов к экологическим параметрам действующего оборудования, предлагается провести реконструкцию котельных агрегатов и газоочистной установки с целью повышения их экологичности и эксплуатационной надежности.

Библиографический список:

1. Западно-Сибирская ТЭЦ – 50 лет. Кемерово, 2001. – 185 с.
2. Технический отчет по результатам режимно-наладочных и балансовых испытаний котлоагрегата БКЗ – 210 № 1 Западно-Сибирская ТЭЦфилиал «АО ЕВРАЗ ЗСМК». – Новокузнецк: 2020. – 34 с.
3. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. – 2-е изд., перераб. и доп.- Ленинград: Недра, 1988. – 312с.: ил.
4. Приложение к докладу ВИТК: Москва, ГосКомГидромет, 1989.– 25с.
5. Снижение выбросов оксида азота. ВТИ. – М.: 2002
6. Паспорт газопылеулавливающей установки котла №1.
7. Справочник по пыле- и золоулавливанию. – 2-е изд., перераб. и доп./ Под. ред. А.А. Русанова. – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
8. Расчетная записка к проекту реконструкции золоуловителей котельного агрегата ст. № 1 на Западно-Сибирской ТЭЦ. 381011.2202.РР. – Кишинев, 1996.- 22 с.
9. Наладка и испытания золоуловителей котлоагрегата № 1 на Западно-Сибирской ТЭЦ: Технический отчет. 381011.2202.ДОТ. – Кишинев, 1996. – 32 с.

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ: ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ,
КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2022»

Труды XXIII Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией А.Б. Юрьева

Технический редактор Г.А. Морина Компьютерная верстка Н.В.
Ознобихина

Подписано в печать 16.11.2022 г.

Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 24,0 Уч.-изд. л. 26,4 Тираж 300 экз. Заказ № 296

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ