

Межотраслевой институт «Наука и образование»
Ежемесячный научный журнал
№ 5 (12) / 2015

Редакционный совет

Редактор — д.б.н. Краевой Ф.Ф. (Российская Федерация)

Ученый секретарь — д.т.н., Мележик А.П. (Российская Федерация)

Редакционный коллектив

Абрамян К.В. (Российская Федерация)

Верович Д. К. (Белоруссия)

Герасимов Д.Л.(Российская Федерация)

Иваков С.П.(Российская Федерация)

Иванова Л.Д. (Белоруссия)

Килинский А.Ф.(Российская Федерация)

Левандовский Е.Т. (Казахстан)

Мраморный И.Н. (Российская Федерация)

Никелевич С.С. (Украина)

Патакин Ю.В. (Российская Федерация)

Рвакина И.П. (Казахстан)

Селезнева Д.Л.(Российская Федерация)

Уварова Г.Р. (Белоруссия)

Цушко П.Д. (Украина)

Ответственный редактор

д.б.н. Краевой Ф.Ф. (Российская Федерация)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции: **Адрес:** 620026, г. Екатеринбург, улица Белинского, 76, ком.№432

Адрес электронной почты: info@scienceanded.ru **Адрес веб-сайта:** <http://scienceanded.ru/>

Учредитель и издатель Межотраслевой институт «Наука и образование»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620026, г. Екатеринбург, улица Белинского, 76, ком.№432

Редакционный совет

Редактор — д.б.н. Краевой Ф.Ф. (Российская Федерация)

Ученый секретарь — д.т.н., Мележик А.П. (Российская Федерация)

Редакционный коллектив

Абрамян К.В. (Российская Федерация)

Верович Д. К. (Белоруссия)

Герасимов Д.Л.(Российская Федерация)

Иваков С.П.(Российская Федерация)

Иванова Л.Д. (Белоруссия)

Килинский А.Ф.(Российская Федерация)

Левандовский Е.Т. (Казахстан)

Мраморный И.Н. (Российская Федерация)

Никелевич С.С. (Украина)

Патакин Ю.В. (Российская Федерация)

Рвакина И.П. (Казахстан)

Селезнева Д.Л.(Российская Федерация)

Уварова Г.Р. (Белоруссия)

Цушко П.Д. (Украина)

Художник: Кирилов Вадим Петрович

Верстка: Левандовская Татьяна Павловна

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Международные индексы:



СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абачареев М. М., Абачареев И. М. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО НАНЕСЕНИЮ ПРОТИВООБРАСТАЮЩИХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	5
Амиров Ф. А., Агаммедова С. А. ЭФФЕКТ ТОМСА В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	7
Багнавец Д. В., Багнавец Н. Л. ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГОРИЗОНТАЛЬНО-БУРОВОЙ ШТАНГИ.....	9
Джанта А. И., Васильев П. В., Дронов В. С. МОНИТОРИНГ УСТАЛОСТНОЙ ПОВРЕЖДЕННО- СТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	12
Вахман С. А., Бахаев А. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТЯЖКИ ЗАГОТОВОК В ПЛОСКИХ И КОМБИНИРОВАННЫХ БОЙКАХ.....	15
Гостинин И. А. ВЫБОР ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ДЛЯ ТРУБОПРОВО- ДОВ, ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ ЖИДКОСТИ ИЗ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	20
Дежина И. Ю. ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬ- НОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СВАЙ ПРИ УКРЕПЛЕНИИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ.....	22
Третьяков П.Ю., Курушин Д.С., Долгова Е.В. ПОДСИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ КОМАНД МОБИЛЬНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА.....	25
Кайнарбеков А., Кажыгулов А. К., Жұмабек А. Г. МЕТОДИКА РАСЧЕТА УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА ША- ГАЮЩЕГО КОЛЕСА ТИПА «ПЕРЕКАТИ ПОЛЕ»	32
Коляда Л. Г., Мацицева А. А., Петрова В. А., Пупышева Г. И., Ужегов Н. С. СИСТЕМЫ С ИНВАРИАНТНЫМИ МНОГООБРАЗИЯМИ.....	34
Краснова А. А., Куцакова В. Е. НОВЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА CONVENIENCE FOOD (ПРОДУКТОВ ГОТОВЫХ К УПОТРЕБЛЕНИЮ) И ПРИМЕНЕНИЕ В ИХ ПРОИЗ- ВОДСТВЕ БЕЛКОВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ИЗ ПО- БОЧНЫХ ПРОДУКТОВ МЯСОПЕРЕРАБОТКИ	40
Ляпунцова Е.В. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. СОВРЕМЕННЫЕ УГРОЗЫ	42
Никищечкин А. П., Букейханов Н. Р., Гвоздкова С. И., Сукурлыкова Д., Жунусова А., Болдырев А. В. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИС- ПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬ- НЫХ ОБЪЕКТОВ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ТЕХНИ- ЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	45
Сиротюк В. В., Якименко О. В., Левашов Г. М., Захаренко А. А., Кизилова А. С. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИА- ЛОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ЛЕДОВОЙ ПЕРЕПРАВЫ ЧЕРЕЗ Р. ИРТЫШ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ	47
Арефьева Е. В., Ступина М. В. ВЕРОЯТНОСТНО-ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЯ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)	51
Суторихин В. А., Хатьков Н. Д., Дашин Н. А. ДИСТАНЦИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ АКТИВНЫХ ДЕФЕКТОВ.....	55
Трещалин М. Ю., Трещалин Ю. М. ПРИМЕНЕНИЕ НЕТКАНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПО- ЛОТЕН ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МА- ТЕРИАЛОВ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ	56
Трещалин М. Ю., Трещалин Ю. М. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИТОВ НА НЕТКАНОЙ ОСНОВЕ В ГРАЖДАНСКИХ СЕКТОРАХ ЭКОНОМИКИ.....	59
Харченко С. П., Бирюкова И. О. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО СЖИГАНИЯ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ ТЭС	61
Харченко С. П., Бирюкова Т. О. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТИВОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИОНИРОВАНИЯ - ОДИН ИЗ СПОСОБОВ МОДЕР- НИЗАЦИИ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЭС	65

Таблица 1

Затраты на изготовление четырехсекционной восьмиметровой опоры.

Секционная опора	Секция №1	Секция №2	Секция №3	Секция №4
Db, мм	150	190	228	266
Dm, мм	200	240	278	316
Ориентировочный расход связующего, кг	5,6	5,8	6	6,2
Ориентировочная цена секции, руб	760	770	780	790
Ориентировочная цена 4-секционной 8-ми метровой опоры, руб	3100-3500			
Ориентировочная масса 4-секционной 8-ми метровой опоры, кг	23-25			

Таблица 2

Характеристики и затраты на производство изделия после финишной обработки

Наименование изделия	Длина, мм	Масса, г.	Диаметр основания, мм		Диаметр вершины, мм		Толщина стенки, мм	Стоимость материалов, руб
			внешн.	внутр	внешн.	внутр		
Секция	380,9	117,9	44,1	39,9	31,5	27,25	2,1	22,4
Готовая опора	1225	471,6	44,1	39,9	31,5	27,25	2,1	89,6



Рис. 3. Модель четырехсекционной опоры

Расходы на производство модели не превысили 100 руб. при высоте в сборе 1,225 м. Следовательно, реальная себестоимость 8-метровой опоры не превысит расчетную и будет составлять не более 3500 руб при массе 23-25 кг.

Учитывая невысокую себестоимость производства (относительно тканей, трикотажа и плетеных изделий) и наличие необходимых прочностных свойств, применение нетканой основы для создания

композиционных материалов весьма эффективно, особенно применительно к нуждам промышленности и строительства.

Список литературы

1. [http://президент.рф/Заседание Совета по модернизации экономики и инновационному развитию России](http://президент.рф/Заседание_Совета_по_модернизации_экономики_и_инновационному_развитию_России), 24 октября 2012 года, 17:30
Московская область, Ново-Огарёво.

Харченко С. П.¹, Бирюкова И. О.²

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО СЖИГАНИЯ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ ТЭС

¹Старший преподаватель, магистр, Инновационный Евразийский университет, г.Павлодар, Казахстан

²Студентка гр.ТЭ-402, Инновационный Евразийский университет, г.Павлодар, Казахстан

ORGANIZATION OF EFFICIENT COMBUSTION OF EKIBASTUZ COAL IN STEAM GENERATORS OF TPP
Kharchenko Sveylana Petrovna, Senior Lecturer, Master, Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan

Birjukova Tatiana Olegovna, Student of the group WE-402, Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены способы уменьшения выбросов оксидов азота и стабилизации процесса горения за счет конструктивных особенностей горелочных устройств, а также многоступенчатое сжигание угольной пыли с нестехиометрическим избытком воздуха и подачей третичного дутья выше основных горелок.

ABSTRACT

This article describes ways to reduce emissions of nitrogen oxides and stabilize the combustion process at the expense of structural features of burners, as well as multi-stage combustion of coal dust with non-stoichiometric excess air and tertiary air supply above the main burners.

Ключевые слова: Вихревые горелки, многоступенчатое сжигание, устойчивость горения.

Keywords: whirlwind burners, multi-stage combustion, combustion stability.

Основным топливом, за счет сжигания которого вырабатывается более 85% электроэнергии в Казахстане, является уголь. Для большинства электростанций таковым топливом являются каменные угли Экибастузского, Борлинского и Карагандинского месторождений. Следует отметить, что более 80% угля, сжигаемого на ТЭС, является низкосортным, как например, каменные угли Экибастузского месторождения. Сжигание таких углей сопряжено со сложностями по их воспламенению и увеличением вредных пылегазовых выбросов: золы, оксидов углерода, пятиоксида ванадия, оксидов азота и серы, углеводородов.

Как известно, величина выбросов NOx и CO зависят от технологии сжигания, а SOx от технологии сжигания практически не зависит, а зависит от содержания серы и кальция в топливе. Наиболее токсичным из газовых выбросов являются окислы азота – NOx.

Тепловая мощность электростанций, работающих на экибастузском угле составляет примерно 26000 Гкал/ч. При избытке воздуха равном 1,4 и 300 рабочих днях объем дымовых газов выбрасываемых в атмосферу составит примерно 355×10^9 м³/год. Если предположить, что в среднем по Казахстану содержание NOx в дымовых газах составляет 1,1 мг/м³, то валовые выбросы NOx за год составят ориентировочно 390 тыс.т. Снижение содержания NOx в дымовых газах до 0,6 мг/м³ снизит валовые выбросы до 210 тыс.т/год.

Несовершенство топочного процесса, а именно, существующие горелочные устройства и схемы сжигания не обеспечивают устойчивого воспламенения и горения, в связи с этим применяется подсветка факела высокорекреационным топливом

(мазутом или газом), что приводит к повышенным выбросам в атмосферу CO, NOx и SOx. При этом наблюдается повышенный механический недожог и выброс твердых частиц в атмосферу, т.к. существующие горелки не рассчитаны на совместное сжигание мазута и угольной пыли. Технология сжигания с минимальным вредным воздействием на окружающую среду предполагает реконструкцию схемы сжигания и горелочных устройств [2].

На ТЭС, работающих на органическом топливе, обычно применяется факельный способ сжигания топлива, причем топливо подается в виде угольной пыли, транспортируемой первичным воздухом. На эффективность работы и организацию топочного процесса котлоагрегата будет влиять компоновка горелочных устройств, а также правильный выбор самих горелок.

Пылеугольные горелки служат для организованного ввода угольной пыли и воздуха в топку. С помощью горелок и рациональной их компоновки в значительной мере организуется топочный процесс: достигаются устойчивое зажигание факела, смесеобразование, интенсивное выгорание пыли и бесшлаковая работа котла.

Для сжигания угольной пыли применяют два основных типа горелок: вихревые и прямоточные.

Вихревыми называют горелки (рис.1), у которых первичный или вторичный воздух закручиваются специальными завихрителями. Закручивание потоков достигается при помощи улиток, устанавливаемых на входе в горелку, или лопаток, устанавливаемых в горелке аксиально или тангенциально в потоке первичного или вторичного воздуха.

В вихревых горелках потоки пылевоздушной смеси, вторичного воздуха или оба потока закручиваются и в результате закрутки пылевоздушный поток, вытекающий из горелки в топку, раскрывается в виде полого вращающегося конуса, к которому изнутри и снаружи эжектируются топочные газы. Такие горелки используют для сжигания бурых и каменных углей с повышенным выходом летучих ($V_{daf} > 30\%$).

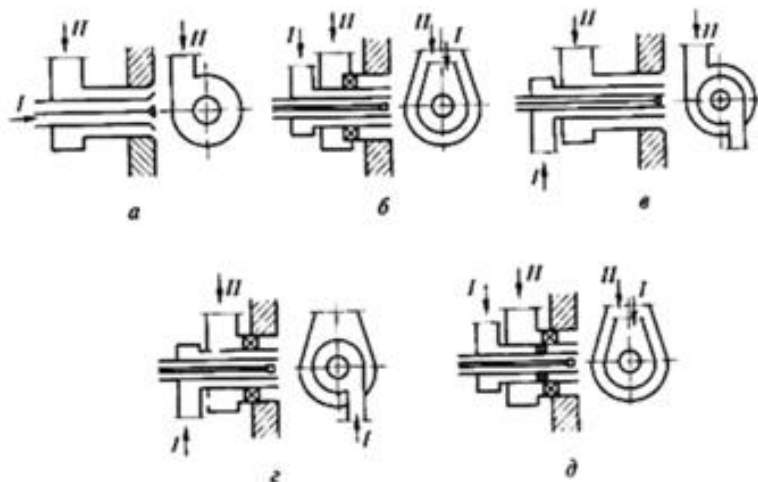
В качестве примера рациональной организации топочного процесса можно привести парогенераторы ПК-39 на Аксуской ТЭС.

В настоящее время на котлах установлены вихревые трехпоточные горелки в два яруса на боковых стенах по встречной схеме.

Встречная лобовая компоновка обеспечивает соударение потоков, вытекающих из горелок противоположных стен, задерживающих удар во фронтальную и заднюю стены и снижающее опасность шлакования этих стен. Однако в зоне соударения могут наблюдаться растечка газов к боковым стенам, удар и шлакование последних. При движении факелов происходит их проникновение в межгорелочные пространства противоположно расположенных горелок. Так как топочные газы горящего факела не

имеют контакта со стенами и охлаждаются незначительно, то в таких топках отмечают высокий температурный уровень горения и устойчивое зажигание пылевоздушной смеси. Часть потоков направляется

в холодную воронку, а основная масса газов, достаточно равномерно заполняя топку, поднимается вверх.



а – прямоточно-улиточная; б – прямоточно-лопаточная; в – двухулиточная; г – улиточно-лопаточная; д – лопаточно-лопаточная; I – поток первичного воздуха с угольной пылью; II – поток вторичного воздуха

Рисунок 2 - Принципиальные схемы пылеугольных вихревых горелок

Внедрение трехпоточных вихревых горелок с аксиально-лопаточным завихрителем на котлах ПК-39 Аксуской ТЭС, вместо проектных двухпоточных с тангенциально-лопаточным завихрителем, решило ряд проблем, существующих в начальный период эксплуатации станции. Так при работе с проектными горелками на котлах наблюдалось интенсивное шлакование экранных поверхностей нагрева и применялась подсветка факела мазутом. Внедрение нижнего третичного дутья позволило обеспечивать устойчивое горение в диапазоне нагрузок 60 – 100% от номинальной независимо от качества (зольность от 35 до 53%) сжигаемого топлива, а также иметь большие регулировочные возможности в части борьбы со шлакованием топочных экранов по сравнению с проектными горелками.

Технология сжигания с минимальным вредным воздействием на окружающую среду предполагает реконструкцию схемы сжигания и горелочных устройств. При этом, рациональная организация топочного процесса состоит из обеспечения устойчивого горения и исключения подсветки факела мазутом в регулировочном диапазоне нагрузок, снижения содержания горючих в уносе до 1-2% и организации двухступенчатого сжигания топлива с подачей третичного дутья или «нестехиометрическое» сжигание по ярусам (если число ярусов в топке два и более) с целью снижения выбросов NOX до 400-500 мг/нм³.

Схема сжигания должна обеспечить повышенную полноту выгорания топлива, исключение подсветки факела и выброса CO, а также снижение выброса NOX до 400-500 мг/нм³. При этом должны обеспечиваться условия для снижения примерно на 20% выброса SOX.

Такие показатели были достигнуты на всех 14 корпусах котлов ПК-39-II к блокам 300 МВт ТЭС ОАО «ЕЭК» (бывшей Ермаковской ГРЭС) и котле П-57Р ст.№1 к блоку 500 МВт ОАО «Станция Экибастузская ГРЭС-2». Уровень выхода NOX на котлах ПК-39-II был снижен с 1000 мг/нм³ до 600 мг/нм³. При этом исключена подсветка факела [1].

Для снижения выбросов оксидов азота до требуемого уровня ($NOX \leq 550 \text{ мг/нм}^3$) применена схема двухступенчатого сжигания топлива, при которой 15...20% горячего воздуха подается через сопла третичного дутья. Сопла третичного дутья расположены на 5,7 м выше основных горелок второго яруса и установлены тангенциально на боковых стенах топочной камеры (по три сопла на стене). Воздух третичного дутья используется для дожига горючих составляющих механического и химического недожога из зоны основного горения. При этом работа горелок осуществляется с избытком воздуха $\alpha_f = 0,87...1$ при работе на четырех мельницах. Наибольшее влияние на снижение выходов оксида азота оказывает снижение избытка воздуха на горелке. Поэтому, для более глубокого снижения α_f до 0,8...0,85 был использовано распределения воздуха по высоте топки, а именно, работа со сбросом, который располагается выше второго яруса горелок на 2 м. В сопла подается пыль в количестве примерно 0,07Вр и сушильный агент в количестве 0,4 Ваэр. При этом сопла сброса работают с избытком воздуха больше 2 и выполняют роль первой ступени третичного дутья. Вышеописанное является, так называемой, вертикальной стадийностью ступенчатого сжигания.

Горизонтальная стадийность горения обеспечивается конструкцией горелок. На блоках станции Аксуской ТЭС установлены низкоэмиссионные вихревые горелки лопаточно-лопаточного типа. В кон-

струкции горелок применяется принцип двухступенчатого сжигания топлива в пределах факела каждой отдельной горелки. Вторичный воздух делится на два потока с разными параметрами крутки. Внутренний поток закручивается и служит для стабилизации факела. Наружный канал имеет больший параметр крутки, и часть воздуха отрывается от основного потока пыли на начальном участке факела в зоне выхода и воспламенения летучих веществ. Недостаток воздуха в этой зоне способствует превращения азота, содержащегося в топливе, в молекулярный.

Вихревые горелки отличаются повышенной эжекцией горячих топочных газов в поступающую пылевоздушную смесь, что обеспечивает ее быстрый прогрев до температуры воспламенения. Лопаточный завихривающий аппарат может быть выполнен поворотным, что позволяет производить оптимальную настройку аэродинамики горелки.

На полноту сгорания топлива сильное влияние оказывают скорости вдувания в топку аэропыли и вторичного воздуха. Повышение скорости усиливает турбулентное перемешивание потоков, однако при слишком большой скорости произойдет отрыв факела от горелки. Для лучшего перемешивания угольной пыли с горячим воздухом необходимо сохранять различие в скоростях этих потоков. Так, скорость аэропыли на выходе из горелки поддерживают на уровне $w_1 = 14-25$ м/с, а скорость вторичного воздуха должна быть $w_2 = (1,2-1,4) \cdot w_1$.

Вихревые горелки универсальны и применимы для любого твердого топлива, но наибольшее распространение они получили при сжигании топлив с малым выходом летучих веществ. Вихревые горелки создают более короткий факел по длине и широкий угол его раскрытия. Они обеспечивают интенсивное перемешивание потоков и глубокое выгорание топлива (до 90-95%) на относительно короткой длине факела. В этом отношении вихревые горелки являются горелками «индивидуального действия», обеспечивая каждая самостоятельно сжигание топлива.

Определяющим конструктивным параметром вихревых горелок является диаметр амбразуры D_a . Горелки размещают на достаточном расстоянии друг от друга — $(2,2 - 2,3) \cdot D_a$ и от боковых стен — $(1,6 - 2) \cdot D_a$, чтобы исключить раннее взаимодействие факелов и наброс факела на стены. При однофронтальном расположении горелок в 1-2 яруса экран задней стены получает повышенное тепловосприятие (на 10-20% выше среднего), и для исключения шлакования стены при твердом шлакоудалении глубина топки должна быть не менее $bT = (6-7) \cdot D_a$. Встречное двухфронтальное расположение горелок характерно для мощных паровых котлов, когда необходимое число горелок невозможно разместить на одной фронтальной стене.

При встречном расположении выравнивается теплонапряжение экранов топки, повышается уровень температур в центре топки [4].

Наряду с этим, для снижения выбросов оксида азота, на модернизированных блоках станции установлены валковые среднеходные мельницы, необходимые для приготовления пыли более тонкого помола.

Для более эффективной организации топочного процесса, помимо снижения выбросов оксидов азота, необходимо учитывать степень уменьшения шлакования экранных поверхностей и повышение устойчивости горения.

Уменьшение шлакования экранов топки достигается за счет рассредоточения горения топлива. Это реализуется путем использования сбросных сопел и сопел третичного дутья, так как в этих условиях зона активного горения растягивается по высоте, в следствии чего в ней снижается уровень температур газов и в результате уменьшается возможность шлакования поверхностей нагрева.

Повышение устойчивости горения при пониженных нагрузках можно достичь путем концентрации факела горения и повышения за счет этого температурного уровня. Это можно обеспечить, уменьшив подачу воздуха в сопла третичного и нижнего дутья, начиная с нагрузки котла около 80% от номинальной нагрузки. При работе котла на нагрузке ниже 60% от номинальной во все сопла подается воздух только на охлаждения. Той же цели при сниженных нагрузках будет служить отключение мельниц, подающих пыль в горелки второго яруса [3].

Следует отметить, что представленная технология сжигания, способствующая снижению вредных выбросов в атмосферу, является самым дешевым и безопасным методом из всех известных методов их снижения.

Литература

1. Бухман М.А. «Вихревые горелки с низким выходом NOX». Энергетика и топливные ресурсы Казахстана, 2001, №4, с.64-68.
2. Бухман М.А., Амангалиев А.А., Бугубаев М.А. и др. О снижении выхода NOx на котлах ПК-39-II Аксуской теплоэлектростанции//Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. – 2003. - № 10. – С.69-70.
3. Двухступенчатое сжигание высокозольного экибастузского угля на модернизированном котле ПК-39-2М энергоблока 325 МВт (ст. №2) электростанции АО «ЕЭК» г. Аксу (Казахстан). Серант Ф. А., Гордеев В. В., Саломасов Ю. М. - VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива». Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 13–16 ноября 2012.
4. Паспорт «Горелка пылеугольная». ОАО «Подольский машиностроительный завод», 2009.