

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.98.55.010

УДК 621.311.22

© А.В. Нехорошева, А.О. Сухова, И.В. Хорохорина, 2024

А.В. НЕХОРОШЕВА

лаборант

АО «Квадра», г. Тамбов

e-mail: nehoroshewa126@gmail.com



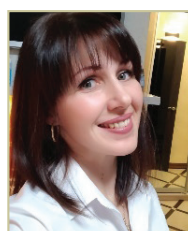
А. О. СУХОВА

канд. техн. наук,

доцент кафедры

ТамбГТУ, г. Тамбов

e-mail: apil1@yandex.ru



И. В. ХОРОХОРИНА

д-р техн. наук,

доцент кафедры

ТамбГТУ, г. Тамбов

e-mail: kotelnikovirina@yandex.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТАМБОВСКОЙ ТЭЦ

Проведена оценка выбросов NOx Тамбовской теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Дано описание экологических проблем использования котлов Тамбовской ТЭЦ. Проведено теоретическое обоснование необходимости проведения реконструкции котельной установки с заменой горелок для снижения выбросов оксидов азота.

Ключевые слова: ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ, ОКСИД АЗОТА, КОТЕЛЬНЫЙ АГРЕГАТ, ГОРЕЛКА, ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЬ.

Национальный проект «Экология» существенным образом затрагивает деятельность предприятий теплоэнергетики. Указом Президента РФ предусмотрено снижение выбросов опасных загрязняющих веществ в 2 раза к 2030 году. На данный момент в нацпроекте участвуют 12 городов. Цель такова, что до 2024 года нужно снизить выбросы на 20 %.

В Тамбовской области в 2022 г. количество загрязняющих веществ, отходящих от всех стационарных источников выделения,

составило 61,6 тыс. тонн, из них в атмосферный воздух выброшено без очистки 60,6 тыс. тонн загрязняющих веществ, поступило на очистные сооружения 12,5 тыс. тонн.

Объем валовых выбросов за 2022 год АО «Квадра» — «Тамбовская генерация» (Тамбовская ТЭЦ) — 1,123 тыс. тонн [1]. Установленная электрическая мощность станции составляет 235 МВт, тепловая — 947 Гкал/ч. Основным видом деятельности филиала АО «Квадра» — «Тамбовская генерация»

является производство пара и горячей воды (тепловой энергии) тепловой электростанцией. Введена в эксплуатацию 24 апреля 1954 году. До 1978 года Тамбовская ТЭЦ работала как пылеугольная станция, в качестве топлива использовался подмосковный бурый уголь, содержащий 33 % влаги и 23 % золы.

Сегодня Тамбовская ТЭЦ состоит из трех очередей. Всего в основное оборудование станции входят: 4 турбоагрегата, 6 паровых и 1 водогрейный котел. Станция работает на природном газе, резервное топливо — мазут.

Общее количество источников загрязнения атмосферы на предприятии равняется 36 из них основными загрязняющими веществами по валовому выбросу (более 5 % от суммарного выброса) являются:

- азота диоксид — 46,64 %;
- углерод оксид — 42,89 %;
- азота оксид — 7,58 %.

Оставшиеся проценты (2,91 %) составляют прочие газы.

Основным загрязняющим веществом на ТЭЦ, сжигающих природный газ, является диоксид азота. Диоксид азота имеет формулу NO_2 и представляет собой газ характерного

бурого цвета. Его отличительной особенностью является резкий, удушливый запах. Также вещество может переходить в другое агрегатное состояние под влиянием определенных температур — при высоких значениях диоксид становится жидкостью. Она полностью теряет характерный для газообразного состояния цвет, но сохраняет удушливый запах.

Краткосрочное воздействие оксидов азота на здоровье может включать в себя раздражение дыхательной системы, глаз и кожи, осложнения респираторных заболеваний, в частности астмы, затрудненное дыхание, кашель и удушье, тошноту, головную боль, боли в животе, контакт кожи и глаз с газообразными оксидами азота или диоксидом жидкого азота может вызвать раздражение и ожоги. Долгосрочное воздействие высоких уровней оксидов азота может привести к генетическим мутациям, снижению женской фертильности, вреду развивающемуся плоду, спазмам, отёку горла, учащённому пульсу, проблемам с сердцем, смерти [2].

Для диоксида азота были рассчитаны 2 карты-схемы района размещения источников загрязнения атмосферы. В отличие от

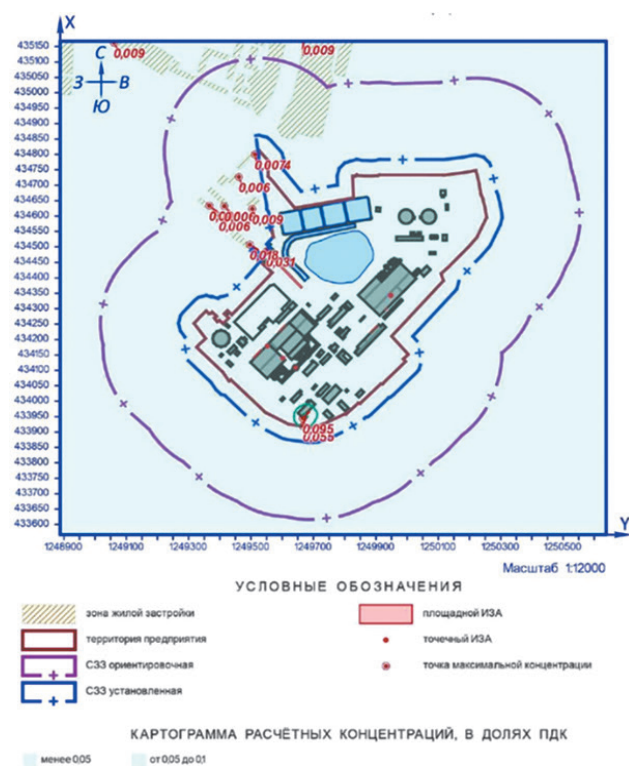


Рис. 1. Расчетная сетка 0301 азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота) (ПДКм.р.).

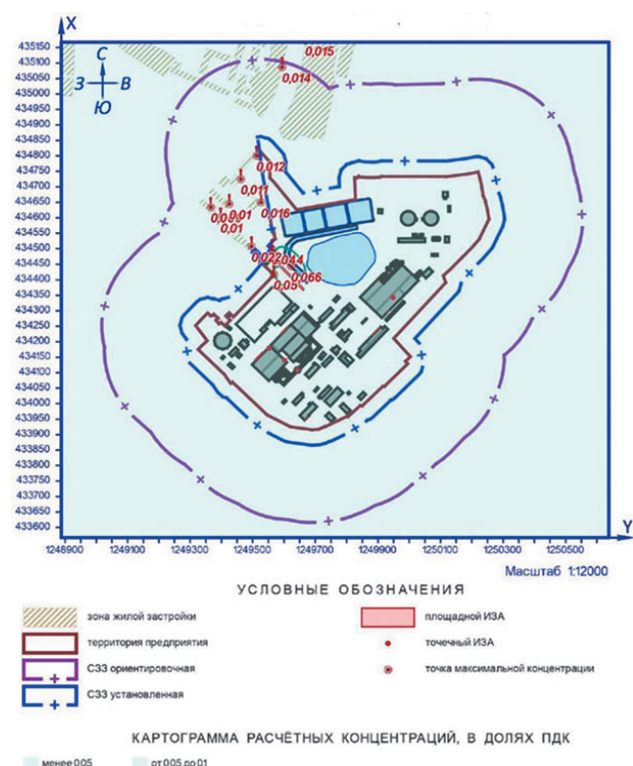


Рис. 2. Расчетная сетка 0301 азота диоксид (ПДКс.г.)

Таблица 1

Эксплуатационные характеристики котла БКЗ-160–100Ф

	к/а 4	к/а 5	к/а 6	к/а 7
1.Производительность	160 т/ час	160 т/ час	160 т/ час	160 т/ час
2.Рабочее давление в барабане	108 ата .	110 ата	111 ата	111 ата
3.Рабочее давление за ГПЗ	100 ата	100 ата	100 ата	100 ата
4.Температура перегрева	540°С	540°С	540°С	540°С
5.Температура питательной воды	215°С	215°С	215°С	215°С
6.Водяной объём котла	48 м ³	48 м ³	48 м ³	48 м ³
7.Паровой объём котла	29,5 м ³	29,5 м ³	29,5 м ³	29,5 м ³
8.КПД котла (брутто)	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %

двух других загрязняющих веществ, помимо превышения максимально разовой приземной концентрации (ПДКм.р.), было превышено пороговое значение среднегодовой суммарной приземной концентрации (ПДКс.г.) диоксида азота. На рис. 1, 2 представлены расчеты рассеивания диоксида азота.

Основным загрязнителем NO_x на производстве является котлотурбинный цех, а именно котельные агрегаты. Основным оборудованием котельного цеха являются четыре котла БКЗ-160–100Ф, которые вырабатывают пар.

Котельный агрегат БКЗ-160–100Ф Барнаульского котельного завода предназначен для работы при следующих параметрах, представленных в таблице 1 [3].

Котлы БКЗ-160–100 были спроектированы в 50-е годы и в настоящее время не соответствуют современным нормативным требованиям. Согласно изменению 1 от 30.10.90 г. к ГОСТу 28269–89 для котлов, разработанных до 01.07.90 г. с номинальной паропроизводительностью 160 т/ч, наибольшими допустимыми значениями выбросов оксидов азота за котлами являются значения (приведенные к α = 1,4):

- при сжигании газа — 255 мг/м³;
- при сжигании мазута — 290 мг/м³.

Однако в настоящее время органы охраны природы ужесточают требования к выбросам ТЭС. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 50831–95 нормативы удельных выбросов NO_x для котлов, вводимых на ТЭС до 31.12.2000 г. составляют для котлов БКЗ-160:

- при сжигании газа — 125 мг/м³;
- при сжигании мазута — 250 мг/м³.

Компоновка котла на Тамбовской ТЭЦ выполнена по П — образной схеме. Котел запроектирован для работы на угле. В начале 70-х годов котлы ст. № 4–7 были реконструированы для сжигания газа и сернистого мазута. Но после реконструкции с переводом на мазут и газ, котлы имеют ряд недостатков, основным из которых и является повышенные выбросы оксидов азота при работе на газе.

Концентрации NO_x при максимальных нагрузках:

- при сжигании газа — 280 мг/м³;
- при сжигании мазута — 560 мг/м³.

Топка призматической формы, имеет в плане размеры по осям труб 6656–7188 мм и объем 762 м³ (рисунок 3) [3].

Стены топочной камеры экранированы стальными гладкотрубными экранами и выполненными из труб d=60–4, Ст. 20. Потолочный экран является настенным радиационным пароперегревателем, остальные экраны включены в систему циркуляции котловой воды. В газоходе на выходе из котла размещен ширмовый пароперегреватель (ШПП). Для создания поперечного обтекания горячими дымовыми газами ширмового пароперегревателя, трубы заднего экрана в верхней части образуют выступ в топку глубиной 1900 мм. Нижняя часть топочной камеры выполнена в виде «холодной воронки» котлов с твердым шлакоудалением, т.е. экраны фронтальной и задней стен образуют скаты под углом 40–42° от вертикальной оси.

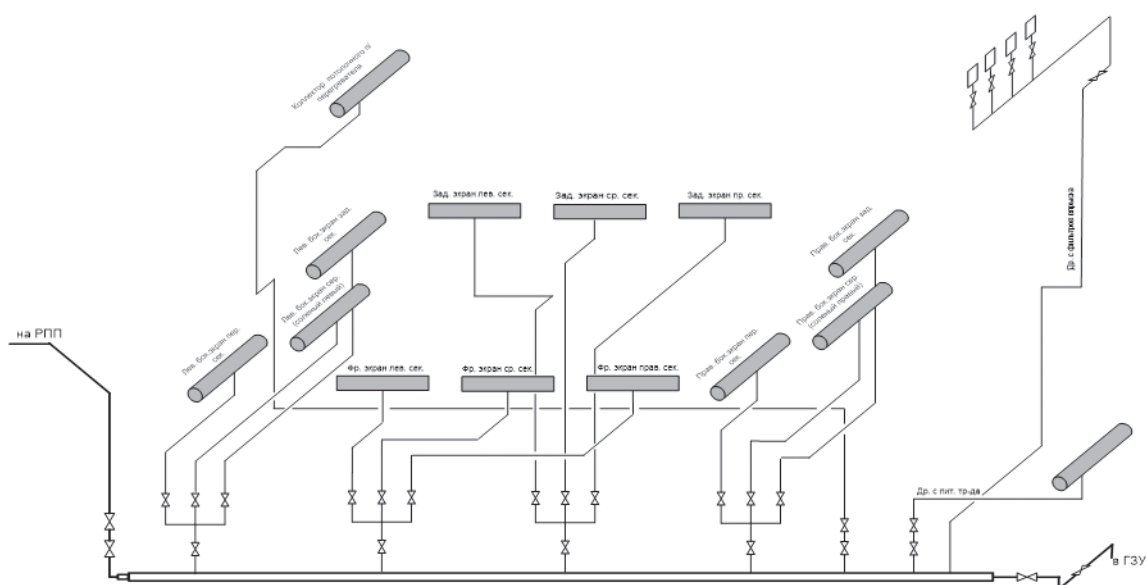


Рис. 3. Схема топочной камеры [3]

Существующая организация топочного процесса на котлах БКЗ-160–100 Тамбовской ТЭЦ, при котором все горелки сосредоточены в одном сечении и факел локализован в очень маленькой зоне, несмотря на относительно низкие теплонапряжения объема, по сравнению с газомазутными котлами, приводит к образованию высоких значений концентраций NO_x . При нагрузках котла близких к номинальной концентрация при сжигании газа и без применения внутритопочных средств подавления монооксида азота, составляет 250–280 мг/м³ (приведенная к $\alpha = 1,4$).

В настоящее время используются следующие доступные технологии очистки выбросов от оксидов азота:

- использование рециркуляции дымовых газов;
- применение ступенчатого сжигания;
- внедрение малотоксичных горелок;
- каталитическая и некаталитическая очистка;
- абсорбирование дымовых газов;
- снижение избытков воздуха;
- увлажнение и охлаждение рециркулирующих газов.

В табл. 2 представлены плюсы и минусы вышеизложенных методов уменьшения выбросов оксидов азота.

Из табл. 2 видно, что наименее эффективным способом уменьшения оксидов азота является снижение избытков воздуха и абсорбирование дымовых газов. Несмотря на низкие капитальные затраты снижение избытков воздуха достаточно капризно в своем использовании. При малейшем нарушении технологического процесса происходит образование вредных веществ и коррозия металлов. Абсорбирование достаточно затратное в плане производства и поддержания рабочего процесса, также образуется осадок, который быстро приводит к износу оборудования.

Каталитическая и некаталитическая очистки восстанавливают NO_x до молекулярного N_2 . Но эти методы также являются проблемными. Проблема первого метода состоит в том, что трудно найти и изготовить недорогие катализаторы, а также продлить их срок службы. Регенеративный воздухоподогреватель, который участвует в процессе, загрязняется в процессе эксплуатации метода. Тем самым увеличивается число обмывочных сточных вод, которым тоже нужна очистка в дальнейшем. Во втором же методе очень сложно поддерживать технологический процесс, т.к. он осуществляется при высоких температурах. На протяжении всего газохода

Таблица 2

Сравнительный анализ методов очистки выбросов от оксидов азота

Способы обработки	Достоинства	Недостатки
1	2	3
Рециркуляция дымовых газов	<ul style="list-style-type: none"> - возможность плавного регулирования путем воздействия на направляющие аппараты дымососов рециркуляции; - хорошее перемешивание продуктов сгорания с воздухом в дутьевом вентиляторе. 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая стоимость дымососа рециркуляции газов (ДРГ); - повышенные энергозатраты на привод ДРГ и затраты на его техническое обслуживание в связи с повышенными температурами газов; - длинные газоходы, дополнительная нагрузка на дымосос.
Ступенчатое сжигание	<ul style="list-style-type: none"> - универсальность по топливу; - возможность внедрения на котлах даже при сжигании высокосернистых топлив; - высокая эффективность снижения выбросов оксидов азота. 	<ul style="list-style-type: none"> - большой объем реконструкции при внедрении; - большие капитальные затраты; - некоторое увеличение недожога топлива.
Малотоксичные горелки	<ul style="list-style-type: none"> - многообразный выбор оборудования; - раннее воспламенение и сгорание летучих веществ в зоне, обеднённой кислородом, в результате чего снижается концентрация NO_x в продуктах сгорания; - в 1,5 раза снижены выбросы оксидов азота; - устойчивый процесс горения; - автоматизация горения. 	<ul style="list-style-type: none"> - горелки можно ввести только на стадии капитального ремонта или реконструкции; - большой объем работ по установке; - капитальные затраты.
Каталитическая очистка	<ul style="list-style-type: none"> - дымовые газы на входе в каталитический реактор имеют температуру, оптимальную для эффективного восстановления NO_x; - дополнительный подогрев дымовых газов перед реактором не требуется. 	<ul style="list-style-type: none"> - проблемы поиска, приготовления дешевых катализаторов и обеспечения их длительной эксплуатации; - образующиеся кристаллы сульфат и бисульфат аммония «отравляют» катализатор и забивают регенеративный воздухоподогреватель (РВП); - требуется увеличивать число промывок РВП; - возрастает объем обмывочных сточных вод; - снижается число часов использования установленной мощности блока
Некаталитическая очистка	<ul style="list-style-type: none"> - процесс очистки не сопровождается образованием побочного продукта - монооксида углерода (СО); - значительно меньший выброс не прореагировавшего аммиака; - процесс регулируется с помощью автоматической системы управления, которая позволяет задавать и поддерживать необходимую степень очистки газов от NO_x; контролировать все параметры процесса и, при необходимости, изменять их значения; обрабатывать статистические данные процесса очистки и выводить их на дисплей компьютера в графическом или другом виде. 	<ul style="list-style-type: none"> - метод осуществляется на высоких температурах (900-1100 °С); - невозможно обеспечить оптимальную температуру дымовых газов по всему сечению газохода; - невозможно предотвратить изменение температуры в реакционной зоне при изменении нагрузки котла; - недостаточна протяженность реакционной зоны для обеспечения необходимого времени протекания реакции; - невозможно распределить аммиак по сечению газохода так, чтобы везде соотношение NH_3/NO_x было близко к оптимальному.
Абсорбирование дымовых газов	<ul style="list-style-type: none"> - возможность работы с газовойдушной смесью температурой до 700 °С; - высокое гидравлическое сопротивление оборудования 1050 Па, позволяющее обеспечить высокие показатели эффективности в эксплуатации; - работа с газовыми потоками не только высокой температуры, но и высокой влажности; - эффективная очистка от пыли для ликвидации возможного возгорания; - установка полностью стационарная, с достаточно простой конструкцией, что исключает возможную поломку. 	<ul style="list-style-type: none"> - громоздкость оборудования; - метод достаточно капризен в эксплуатации; - большие затраты на содержание; - образование твердых осадков, что затрудняет работу оборудования, и коррозионную активность многих жидких сред.

нужные для реакции температура и аммиак распределяются неравномерно.

Рециркуляция дымовых газов, как и ступенчатое сжигание, универсальны по топливу и обладают высокой эффективностью снижения оксидов азота. Но несмотря на это, они являются очень затратными в производстве, т.к. их внедрение возможно только на стадии реконструкции или при первичной установке [4–6].

Малотоксичные горелки также являются достаточно эффективными в снижении выбросов оксидов азота, и несмотря на то, что их также можно ввести в эксплуатацию только на стадии реконструкции или при установке котла, на горелки уйдет меньше капитальных затрат. Рынок горелок достаточно обширен, и позволяет выбрать именно те, которые подходят к выбранному оборудованию [7, 8].

Сравнив все достоинства и недостатки разных методов, можно сделать вывод, что наиболее перспективным методом для Тамбовской ТЭЦ является внедрение малотоксичных горелок, конструкция которых позволяет подавлять образование NO_x непосредственно в процессе горения.

На котлах БКЗ-160–100 были проведены попытки внедрения рециркуляции дымовых газов и ступенчатого сжигания.

Испытания на котлах показали эффективность обоих средств подавления NO_x в топке:

- применение ступенчатого метода сжигания природного газа снижает концентрацию NO_x в дымовых газах почти в три раза с 250 до 85 мг/м³;

- данные по эффективности работы схемы рециркуляции на подавление NO_x с 250 мг/м³ до 35 мг/м³ вызывают сомнения.

По данным результатов многочисленных внедрений схем рециркуляции газов, как правило, эффективность подавления NO_x не превышает 60 % [9–12].

Проблемой, возникшей при эксплуатации котлов БКЗ-160–100 после их реконструкции при сжигании на них газа, является ненадежная работа пароперегревателя, вызванная его повышенным тепловосприятием

и значительной температурой развёртки как по отдельным змеевикам, так и по пакетам.

Также известно, что при сжигании газа и мазута радиационная и конвективная составляющие тепловыделения значительно различаются (на газе преобладает конвективная, а на мазуте радиационная составляющая). Поэтому сжигание газа в котле с увеличенной поверхностью парогенерирующих экранов обеспечивает расчетный перегрев пара без существенных изменений пароперегревателя при низких и умеренных избытках воздуха.

При сжигании мазута парогенерация котла резко возрастает за счет большего тепловыделения в топке и значительной поверхности испарительных экранов. Поэтому перегрев полученного пара до расчетной величины возможен либо при значительном увеличении поверхности нагрева пароперегревателя, что, в свою очередь, вызовет недопустимо высокий перегрев пара при сжигании газа, либо при искусственно резком увеличении конвективной составляющей. Как правило, для этой цели газомазутные котлы оборудуются схемой рециркуляции дымовых газов.

На котлах БКЗ-160–100 Тамбовской ТЭЦ эта ситуация усугубляется тем, что они рассчитаны для сжигания низкосортного шлакующего топлива и, поэтому, оборудованы топкой с объемом 762 м³, значительно превышающим объем топки аналогичных газомазутных котлов БКЗ-160–100 ГМ, равных 419 м³.

Соответственно, большая поверхность экранов приводит к еще большей, по сравнению с газомазутными котлами, величине радиационной составляющей.

В результате, при отсутствии схемы рециркуляции дымовых газов и сжигании мазута котлы БКЗ-160–100 Тамбовской ТЭЦ, даже с увеличенной поверхностью пароперегревателя, работают либо с недогревом пара, либо с повышенными избытками воздуха. При этом режим работы котлов характеризуется следующими особенностями:

- а) температура газов за пароперегревателем значительно ниже расчетной;

б) характер разверки температур пара по пароперегревателю сохраняется тот же, что и при сжигании газа, но при более низких усредненных величинах и менее выражено;

в) тепловосприятие КПП-I (холодных пакетов) почти на 35–50 % ниже расчетных величин.

Существующая конструкция топочно-горелочных устройств и пароперегревателя котла таковы, что применение технологических средств подавления NO_x в нем практически исключены. Они резко ухудшают надежность работы металла пароперегревателя из-за повышения общего уровня температур дымовых газов на выходе из топки. Переход на двухступенчатое сжигание газа и одновременное включение схемы рециркуляции повышает температуру уходящих газов на 5–16 °С, что соответствует примерному повышению температур дымовых газов на выходе из топки на 50–160 °С и условной температуры перегрева пара на 28–91 °С.

Приведенные показатели сопоставления температур уходящих газов, дымовых газов на выходе из топки и условной температуры перегрева пара получены в результате испытаний котлов БКЗ-160–100 ГМ, и не могут быть автоматически, без учета конструктивных изменений в поверхностях нагрева, работы тягодутьевых машин, перенесены на котлы БКЗ-160–100 Тамбовской ТЭЦ. Однако реальная компенсация даже 30–50 °С условной температуры перегретого пара при практически полностью загруженных впрысках невозможна.

Как уже упоминалось выше, сжигание мазута на котле при поддержании допустимых температур перегрева пара возможно только при наличии высоких избытков воздуха. Поэтому, эксплуатация котла при отсутствии дополнительных средств подавления NO_x сопровождается повышенными выбросами оксидов азота равными 400–560 мг/м³ (при $\alpha = 1,4$).

Двухступенчатое сжигание мазута также приводит к снижению выбросов NO_x примерно на 20 %. Однако следует учесть, что двухступенчатое сжигание мазута не является

целесообразным. Реально организовать ступенчатое сжигание мазута без появления в дымовых газах недогоревших сажистых частиц затруднительно.

Таким образом, внедрение ступенчатого сжигания и рециркуляции дымовых газов не представляется возможным на данных котлах, потому что они ведут к нарушению технологического процесса и приводит к производственным потерям.

Основные выводы, сделанные в результате многолетнего наблюдения за работой котлов специалистами теплотехнической службы (ТТС) АО «Тамбовэнерго» следующие:

- повышенное суммарное тепловосприятие потолочного и первой ступени конвективного «холодного» пакета пароперегревателей — температура пара до первого впрыска выше расчетной на 20–30 °С;

- при отсутствии прямых замеров существуют косвенные факторы, показывающие и на возможность гидравлической развёртки по змеевикам конвективной части пароперегревателя КПП-I;

- еще более повышенное тепловосприятие ширмового пароперегревателя ШПП несмотря на более глубокое снижение температур в пароохладителе I ступени, температура пара за ШПП выше расчетной на 30–40 °С;

- наблюдается значительная развёртка температур пара крайних и центральных ширм равная 35–45 °С и по косвенным данным температура металла отдельных змеевиков ШПП в обогреваемой зоне близка к 600 °С;

- в наиболее тяжелых условиях работают змеевики крайних КПП при температуре пара до второго впрыска близкой к расчетной и равной 520 °С, некоторые термодары в обогреваемой зоне показывали температуру металла 600–620 °С;

- загрузка впрысков не только выше расчетной, но при нагрузках близких к номинальной является предельной и равной 20 т/ч и выше. Основной причиной развёртки в ШПП и различия тепловосприятий в КПП-III и КПП-IV (при их поверхности нагрева соответственно 278 м² и 300 м²) по мнению

специалистов ТТС является неравномерность формирования факела в ширине топки. При расположении горелок на боковых экранах, соударение факелов формирует, видимо, по оси котла зону максимальных температур.

Исходя из всего вышесказанного, для уменьшения выбросов оксидов азота и оптимизации процесса, предлагается заменить имеющиеся горелки на малотоксичные горелки для сжигания природного газа и мазута. В соответствии с табл. 3.5 ИТС-38 2017, малотоксичными горелочными устройствами считаются горелочные устройства, которые без применения дополнительных технологических мероприятий обеспечивают приведенные к 6% O₂ выбросы оксидов азота менее 150 мг/м³ при температуре горячего воздуха выше 200 °С.

В настоящее время в эксплуатации находится ряд различных конструкций горелок с низким выходом NO_x, разработанных

различными котлостроительными фирмами. Известно много типов горелок с пониженным образованием NO_x, различающиеся по конструктивным признакам и принципам сжигания.

За счет применения малотоксичных горелок имеется возможность обеспечить нормативные показатели по концентрации NO_x в уходящих газах при сжигании природного газа и мазута без ухудшения других экологических показателей и без существенного снижения экономичности и надежности работы котла в целом.

В связи с вышеизложенным требуется реконструкция котла БКЗ-160–100 Тамбовской ТЭЦ с установкой новой системы сжигания с малотоксичными горелками, что обеспечит повышение экологической и экономической эффективности работы котла и увеличение надежности работы поверхностей нагрева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2022 году. Тамбов, 2023.
2. Макоско А.А., Матешева А.В. Загрязнение атмосферы и качество жизни населения в XXI веке: угрозы и перспективы. М.: Российская академия наук, 2020. 258 с.
3. Инструкция. Описание котлотурбинного цеха. Тамбов: АО «Квадра» — «Тамбовская генерация», 1995. 41 с.
4. Умыржан Н., Умыржан Т., Хажидинова А. и др Рециркуляция дымовых газов как способ внедрения экологических технологий в энергетических котлах // Вестник Казахской Академии транспорта и коммуникаций. 2021. № 119(4). С. 113–120.
5. Тринченко А. А. Снижение выбросов оксидов азота при ступенчатом сжигании топлива // Научно–технические ведомости СПбГУ. Наука и образование. 2011. № 2. С. 104–109
6. Таймаров М.А., Ахметова Р. В., Сунгатуллин Р.Г, и др. Снижение вредных выбросов в атмосферу оксидов азота котлами ТЭС // Известия КГАСУ. 2017. № 1. С. 180–187.
7. Верещетин В.А., Тугов А. Н., Усман Ю. М. и др. Разработка и внедрение малотоксичных горелочных устройств для сжигания стандартных и нестандартных видов жидких и газообразных топлив // Химическая техника. 2015. № 7. С. 37–43.
8. Разработка и внедрение малотоксичных горелочных устройств для сжигания стандартных и нестандартных видов жидких и газообразных топлив. URL: <https://chemtech.ru/razrabotka-i-vnedrenie-malotoksichnyh-gorelochnyh-ustroystv-dlja-szhiganija-standartnyh-i-nestandartnyh-vidov-zhidkih-i-gazoobraznyh-topliv/>. (дата обращения 13.04.2024).
9. Кормилицын В.И., Ежов В. С. Исследование процесса очистки дымовых газов от оксидов азота при сжигании природного газа // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 3(59). С. 62–64.

10. Гребнева Т.И., Петрикеев Д. С., Карпов Л. Д. Концентрация оксидов азота и оксидов серы в тепловых выбросах технологических схем очистки дымовых газов котельных установок // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 3(8). С. 56–61.

11. Чухачев М.Н., Батраков П. А., Приходченко А. В. Оптимизация технологической схемы очистки дымовых газов от оксидов азота // Актуальные вопросы энергетики. 2019. Т. 1. № 1. С. 54–62.

12. Сидоркин В.Т., Берсенева К. Г., Тугов А. Н. и др. Образование оксидов азота при сжигании пиролизных газов в воздухе, сильно забалластированном дымовыми газами рециркуляции // Теплоэнергетика. 2019. № 1. С. 65–74.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.98.55.010

UDC 621.311.22

© A. V. Nekhorosheva, A. O. Sukhova, I. V. Khorokhorina, 2024

A.V. NEKHOROSHEVA

Laboratory Assistant
JSC «Quadra», Tambov
e-mail: nehoroshewa126@gmail.com

A. O. SUKHOVA

Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of Department
Tambov State Technical University, Tambov
e-mail: apil1@yandex.ru

I. V. KHOROKHORINA

Doctor of Engineering Sciences,
Associate Professor of Department
Tambov State Technical University, Tambov
e-mail: kotelnikovirina@yandex.ru

INVESTIGATION AND ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF REDUCING NITROGEN OXIDE EMISSIONS FROM BOILER PLANTS OF THE TAMBOV THERMAL POWER PLANT

An assessment of NOx emissions from the Tambov Thermal Power Plant (CHP) was carried out. A description of the environmental problems of using boilers at the Tambov CHP is given. A theoretical justification was made for the need to reconstruct the boiler plant with the replacement of burners to reduce nitrogen oxide emissions.

Keywords: SOURCE OF POLLUTION, EMISSION ASSESSMENT, NITROGEN OXIDE, BOILER UNIT, BURNER, SUPERHEATER.

REFERENCES

1. Report on the state and environmental protection of the Tambov region in 2022. Tambov, 2023. [In Russ.].
2. Makosko A.A., Matesheva A. V. Atmospheric pollution and the quality of life of the population in the XXI century: threats and prospects. Moscow: Russian Academy of Sciences, 2020. 258 p. [In Russ.].

3. Instruction manual. Description of the boiler turbine shop. Tambov: JSC «Quadra» — «Tambov generation», 1995. 41 p. [In Russ.].
4. Umyrzhhan N., Umyrzhhan T., Khazhidinova A. et al. Flue gas recirculation as a way to introduce environmental technologies in power boilers // Bulletin of the Kazakh Academy of transport and communications [Vestnik Kazakhskoy Akademii transporta i kommunikatsiy]. 2021. No. 119(4). P. 113–120. [In Russ.].
5. Trichenko A. A. Reduction of nitrogen oxide emissions during stepwise fuel combustion // Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State University. Science and education [Scientific and technical bulletins of St. Petersburg State University. Science and education]. 2011. No. 2. P. 104–109. [In Russ.].
6. Taimarov M. A., Akhmetova R. V., Sungatullin R. G., et al. Reduction of harmful emissions of nitrogen oxides into the atmosphere by thermal power plant boilers // News KSUAE [News of KSUACE]. 2017. No. 1. P. 180–187. [In Russ.].
7. Vereshchetin V. A., Tugov A. N., Usman Yu. M. et al. Development and implementation of low-toxic burner devices for burning standard and non-standard types of liquid and gaseous fuels // Chemical Engineering [Khimicheskaya tekhnika]. 2015. No. 7. P. 37–43. [In Russ.].
8. Development and implementation of low-toxicity burner devices for burning standard and non-standard types of liquid and gaseous fuels. URL: <https://chemtech.ru/razrabotka-i-vnedrenie-malotoksichnyh-gorelochnyh-ustrojstv-dlja-szhiganiya-standartnyh-i-nestandartnyh-vidov-zhidkih-i-gazoobraznyh-topliv/>. (дата обращения 13.04.2024). [In Russ.].
9. Kormilitsyn V. I., Yezhov V. S. Study of the process of cleaning flue gases from nitrogen oxides during combustion of natural gas // Energy saving and water treatment [Energosberezheniye i vodopodgotovka]. 2009. No. 3(59). P. 62–64. [In Russ.].
10. Grebneva T. I., Petrikeev D. S., Karpov L. D. Concentration of nitrogen oxides and sulfur oxides in thermal emissions of technological schemes for cleaning flue gases of boiler plants // Scientific journal. Engineering systems and structures [Nauchnyy zhurnal. Inzhenernyye sistemy i sooruzheniya]. 2012. No. 3(8). P. 56–61. [In Russ.].
11. Chukhachev M. N., Batrakov P. A., Prikhodchenko A. V. Optimization of the technological scheme for cleaning flue gases from nitrogen oxides // Actual issues of energy [Aktualnyye voprosy energetiki]. 2019. Vol. 1. No. 1. P. 54–62. [In Russ.].
12. Sidorkin V. T., Bersenev K. G., Tugov A. N. et al. Formation of nitrogen oxides during combustion of pyrolysis gases in air heavily ballasted by recirculation flue gases // Thermal Power Engineering [Teploenergetika]. 2019. No. 1. P. 65–74. [In Russ.].