ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54204— 2010

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ. КАМЕННЫЕ И БУРЫЕ УГЛИ

Наилучшие доступные технологии сжигания

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский центр стандартизации, информации и сертификации сырья, материалов и веществ» (ФГУП «ВНИЦСМВ») совместно с Закрытым акционерным обществом «Инновационный экологический фонд» («ИНЭКО» ЗАО)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 349 «Обращение с отходами»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2010 г. № 984-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных положений Справочника ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Сжигание топлива на крупных промышленных предприятиях в энергетических целях. Июль 2006 г.» («European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. July 2006»)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Август 2019 г.

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, оформление, 2011, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Наилучшие доступные технологии на этапах сжигания каменных и бурых углей (твердого топлива) . . 3
4.1 Общие положения 3
4.2 Предварительная подготовка твердого топлива 3
4.3 Применение наилучших доступных технологий повышения эффективности использования твердого топлива 3
4.4 Перспективные технологии сжигания бурых углей 8
5 Ожидаемая эффективность применения наилучших доступных технологий 8
5.1 Общие положения 8
5.2 Энергоэффективность 8
5.3 Тепловая эффективность 9
6 Ожидаемое снижение негативного воздействия на окружающую среду в результате применения наилучших доступных технологий на предприятиях, сжигающих каменные и бурые угли 10
6.1 Снижение выбросов пыли 10
6.2 Снижение выбросов тяжелых металлов 11
6.3 Снижение выбросов диоксида серы 12
6.4 Снижение выбросов/сбросов ртути 19
6.5 Снижение выбросов оксидов азота 19
6.6 Снижение выбросов фторида водорода и хлорида водорода 24
6.7 Снижение выбросов аммиака 24
6.8 Снижение выбросов монооксида углерода 24
7 Снижение уровня сбросов и применение НДТ обработки сточных вод 24
8 Сжигание твердого топлива совместно с отходами 29
9 Ликвидация отходов, образующихся после сжигания твердого топлива 29
Приложение А (справочное) Единовременное управление выбросами SO_X, NO_X и ртути в США 31
Библиография 32

Введение

Область распространения настоящего стандарта, разработанного с учетом положений Справочника ЕС [1], — сжигание в энергетических целях твердого топлива (каменных и бурых углей) на установках крупных промышленных предприятий.

Европейские справочники по наилучшим доступным технологиям были созданы во исполнение требований Директивы 96/61/ЕС Совета ЕС от 24 сентября 1996 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений». Директива 96/61/ЕС ввела в нормы европейского права понятие «наилучшие доступные технологии» (НДТ) и установила процедуру выдачи разрешений на право хозяйственной деятельности с учетом модели технологического нормирования.

Примечание — В настоящее время эта директива заменена кодифицированной версией — Директивой 2008/1/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС от 15 января 2008 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений» [2].

Там, где установлены количественные уровни потребления сырья и энергии, а также соответствующие объемы выбросов/сбросов, связанные с использованием НДТ на промышленных предприятиях, подразумевается, что установленный в настоящем стандарте уровень экологической результативности достижим. Однако ни уровни выбросов/сбросов, ни уровни потребления нельзя рассматривать как предельные показатели. В конкретных случаях можно технически достичь лучших показателей.

Технологии и связанные с ними выбросы/сбросы и (или) уровни потребления первичного сырья и энергии следует рассматривать как циклический процесс, включающий в себя следующие этапы:

- идентификация ключевых экологических проблем для промышленных предприятий, на которых в процессе производства тепловой энергии образуются выбросы в атмосферу, сбросы в воду, остатки после сжигания;
- экспертиза технологий, наиболее приемлемых для решения технических и ключевых экологических проблем;
- идентификация наилучшего уровня экологической результативности на основе Справочника ЕС [1];
- экспертиза условий, при которых достигались эти уровни результативности, таких как затраты, воздействие на окружающую среду, основные движущие силы для внедрения НДТ;
- отбор НДТ и оценка связанных с ними выбросов/сбросов и (или) уровней потребления первичного сырья и энергии для отрасли промышленности.

Ключевую роль в каждом из этих этапов и способов представления информации в настоящем стандарте играли экспертные оценки Европейского бюро по комплексному контролю и предотвращению загрязнений окружающей среды (European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau) и соответствующей Технической рабочей группы (Technical Working Group).

На основе этих оценок в настоящем стандарте представлены НДТ и (в максимально возможной степени) уровни выбросов/сбросов и потребления сырья и энергии, связанные с использованием НДТ многоотраслевого назначения, которые во многих случаях отражают текущую работу некоторых установок в конкретной отрасли. Там, где представлены выбросы/сбросы или уровни потребления, связанные с использованием НДТ, подразумевается, что может быть достигнут конкретный уровень экологической результативности. Однако ни уровни выбросов/сбросов, ни уровни потребления нельзя рассматривать как предельные показатели. В некоторых случаях в конкретных условиях можно достичь лучших технических и экологических показателей.

Выбросы/сбросы и уровни потребления, связанные с использованием НДТ, должны быть рассмотрены вместе с другими специальными условиями (например, усреднение периодов).

Понятие «уровень, связанный с использованием НДТ» следует отличать от термина «достижимый уровень», также применяемого в справочниках ЕС по наилучшим доступным технологиям. Там, где уровень описан как «достижимый», использование отдельной технологии или комбинации технологий означает, что этот уровень может быть достигнут по истечении существенного периода времени на правильно эксплуатируемой установке с использованием этих технологий.

Там, где это было возможно, вместе с описанием НДТ приведены экономические показатели. Однако реальные затраты на внедрение НДТ будут зависеть от конкретной ситуации, например технических особенностей конкретной установки, величины налогов и платежей. Настоящий стандарт не рас-

пространяется на оценку этих факторов. При отсутствии данных о затратах выводы об экономической целесообразности технологий должны быть сделаны на основе исследований действующих установок.

Настоящий стандарт предназначен для того, чтобы указать НДТ, которые целесообразно применять при оценке текущей работы действующей установки или при оценке проектируемой установки, на которой осуществляют сжигание твердого топлива в энергетических целях.

Следует считать, что могут быть разработаны установки, которые будут соответствовать указанным НДТ или окажутся лучше их. Также предполагается, что на действующих установках можно достичь уровня НДТ или добиться большего успеха в каждом конкретном случае.

Справочники ЕС по НДТ не содержат юридически обязательных норм, они предназначены для того, чтобы дать общую информацию для отраслей промышленности, государств — членов ЕС и общественности о выбросах/сбросах и уровнях потребления, достижимых при использовании определенных технологий. Соответствующие предельные показатели для любого конкретного случая следует определять с учетом целей Директивы 2008/1/ЕС [2] и местных условий.

Настоящий стандарт дополняет действующие национальные стандарты Российской Федерации в сфере сжигания твердого топлива в энергетических целях на крупных промышленных предприятиях.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ. КАМЕННЫЕ И БУРЫЕ УГЛИ

Наилучшие доступные технологии сжигания

Resources conservation. Stone and brown coals. Best available techniques of incineration

Дата введения — 2012—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает наилучшие доступные технологии (НДТ) энергоффективного и экологически безопасного сжигания каменных и бурых углей на крупных промышленных предприятиях.

Настоящий стандарт распространяется на методы совершенствования технологий сжигания твердого топлива на крупных промышленных предприятиях за счет применения соответствующих НДТ, позволяющих снизить негативное влияние на состояние окружающей среды на территории и вблизи этих предприятий.

Настоящий стандарт не распространяется на технологии, связанные с биологическими, химическими и атомными предприятиями.

Настоящий стандарт рекомендуется использовать во всех видах документации и литературы, относящихся к сферам обеспечения ресурсосбережения, энергоэффективности и экологической безопасности в процессах хозяйственной деятельности при сжигании твердого топлива на крупных промышленных предприятиях в энергетических целях.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 30772 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 9000 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

ГОСТ Р ИСО 14050 Менеджмент окружающей среды. Словарь

ГОСТ Р 51387[1)] Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

[1)] Действует ГОСТ 31607—2012.

Издание официальное

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 51387, ГОСТ Р ИСО 9000, ГОСТ Р ИСО 14050, ГОСТ 30772, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **наилучшая доступная технология; НДТ:** Технологический процесс, технический метод, основанный на современных достижениях науки и техники, направленный на снижение негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и имеющий установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов.

Примечания

1 НДТ означает наиболее эффективную и передовую стадию в развитии производственной деятельности и методов эксплуатации объектов, которая обеспечивает практическую пригодность определенных технологий для предотвращения или, если это практически невозможно, обеспечения общего сокращения выбросов/сбросов и образования отходов. Учет воздействий на окружающую среду производится на основе предельно допустимых выбросов/сбросов.

2 При реализации НДТ, имеющей установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов, достигается наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу произведенной продукции (работы, услуги).

3 «Наилучшая» означает технологию, наиболее эффективную для выпуска продукции с достижением установленного уровня защиты окружающей среды.

4 «Доступная» означает технологию, которая разработана настолько, что она может быть применена в конкретной отрасли промышленности при условии подтверждения экономической, технической, экологической и социальной целесообразности ее внедрения. «Доступная» применительно к НДТ означает учет затрат на внедрение технологии и преимуществ ее внедрения, а также означает, что технология может быть внедрена в экономически и технически реализуемых условиях для конкретной отрасли промышленности.

5 В отдельных случаях часть термина «доступная» может быть заменена словом «существующая», если это определено законодательством Российской Федерации.

6 «Технология» означает как используемую технологию, так и способ, метод и прием, которым объект спроектирован, построен, эксплуатируется и выводится из эксплуатации перед его ликвидацией с утилизацией обезвреженных частей и удалением опасных составляющих.

7 К НДТ относятся, как правило, малоотходные и безотходные технологии.

8 Как правило, НДТ вносят в государственный реестр НДТ.

[ГОСТ Р 54097—2001, пункт 3.1]

3.1.2 **топливо:** Продукция, предназначенная для выработки тепловой энергии в процессе ее сжигания.

[ГОСТ Р 51750, пункт 3.1.6]

Примечание — По физическому состоянию различают твердое топливо — торф, биомассу, жидкое топливо — мазут, газообразное топливо — природный газ, а также газ, выделяемый из отходов потребления в процессе их брожения.

3.1.3 В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

ХПК — химическое потребление кислорода;

BFBC — сжигание топлива в пузырьковом кипящем слое;

CFBC — сжигание топлива в циркулирующем кипящем слое;

DBB — котел с твердым шлакоудалением (с пылеугольной топкой и удалением шлака из топки в твердом состоянии);

dsi — ввод сухого сорбента (в системы десульфуризации дымовых газов ТЭС или в топку котла при использовании сухого аддитивного метода);

ESP — электростатический фильтр;

FF — рукавный фильтр;

FBC — сжигание в кипящем слое;

FGD(dsi) — десульфуризация дымовых газов с помощью ввода сухого сорбента (в системы десульфуризации дымовых газов ТЭС или в топку котла при использовании сухого аддитивного метода);

FGD(sds) — десульфуризация дымовых газов с использованием мокросухого распылительного скруббера;

FGD(wet) — мокрая десульфуризация дымовых газов;
PC — сжигание угольной пыли;
PFBC — сжигание под давлением в кипящем слое;
Pm — первичные мероприятия по сокращению выбросов оксидов азота;
SCR — селективное каталитическое восстановление (оксидов азота);
sds — полусухой;
SNCR — селективное некаталитическое восстановление (оксидов азота);
WBB — котел с жидким шлакоудалением;
wet — мокрый.

4 Наилучшие доступные технологии на этапах сжигания каменных и бурых углей (твердого топлива)

4.1 Общие положения

Для сжигания каменных и бурых углей на проектируемых и действующих предприятиях в качестве НДТ могут быть применены технологии сжигания:

- угольной пыли;
- топлива в циркулирующем кипящем слое;
- топлива в пузырьковом кипящем слое;
- топлива под давлением в кипящем слое;
- топлива на колосниковой решетке.

Сжигание на колосниковой решетке может быть предпочтительным только при применении на проектируемых предприятиях с номинальным тепловым входом менее 100 МВт.

НДТ сжигания твердого топлива включают следующие этапы:

- предварительная подготовка;
- применение НДТ повышения эффективности использования твердого топлива.

4.2 Предварительная подготовка твердого топлива

На этапе предварительной подготовки каменных и бурых углей в качестве элементов НДТ используют процессы смешивания различных видов твердого топлива для обеспечения стабильных условий горения и сокращения пиковых выбросов в атмосферу. Замена одного топлива другим, например переход с одного вида угля на другой, обладающий лучшими экологическими характеристиками, может быть приравнена к НДТ. Данная технология предварительной подготовки твердого топлива наряду с другими, относящимися к НДТ, представлена в таблице 1.

4.3 Применение наилучших доступных технологий повышения эффективности использования твердого топлива

В качестве НДТ повышения эффективности использования твердого топлива могут быть использованы направления энергетической и ресурсной оптимизации на предприятии, представленные в таблице 2.

При проектировании новых котлов или их модификации на действующих предприятиях наилучшими считают такие технологические решения, которые обеспечивают высокую эффективность котлов и включают в себя первичные мероприятия по сокращению образования выбросов оксидов азота — оксида азота (NO) и диоксида азота (NO_2), совместно обозначаемых NO_X. В качестве примеров можно указать:

- ступенчатую подачу воздуха и топлива;
- использование современных малотоксичных горелок с пониженным выделением NO_X;
- трехступенчатое сжигание топлива (с первичной зоной горения, зоной восстановления и зоной дожигания).

Использование современной автоматизированной системы управления для достижения высокой результативности работы котла с улучшенными условиями сжигания, обеспечивающими сокращение выбросов, также рассматривают в качестве НДТ.

Направления повышения эффективности использования твердого топлива за счет мероприятий по технологической оптимизации параметров сжигания на предприятии представлены в таблице 3.

Таблица 1 — Технологии предварительной подготовки твердого топлива

НДТ	Экологический эффект	Предприятие		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемое	Пригодное к модернизации				
Замена топлива	Хороший экологический «профиль» топлива (малосернистое, малозольное)	Не практикуется	Зависит от характеристик конструкции котла	Высокий	Наличие малого количества примесей в угле приводит к меньшим выбросам при его сжигании. Низкая зольность топлива влечет за собой сокращение выбросов и сокращение образующегося количества твердых отходов, подлежащих утилизации и размещению	Цена на топливо может быть высокой	Возможность замены топлива может быть ограничена долгосрочными договорами поставки или из-за полной зависимости от местной шахты
Составление рецептуры угольной шихты и смешивание углей	Предотвращение пиковых выбросов	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Стабильный режим работы		
Мокрое обогащение углей	Сокращение количества вымываемых примесей (загрязнений)	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Наличие малого количества примесей в угле приводит к меньшим выбросам при его сжигании	Потребуются дополнительные затраты на установку для мокрого обогащения углей	Обычно мокрое обогащение углей производят на месте расположения шахты
Предварительное высушивание бурых углей	Повышение эффективности на 3 %—5 %	Осуществимо	Осуществимо	Ограниченный опыт вследствие применения только на пилотных установках	Повышается экологическая результативность	Потребуются дополнительные затраты на сушилки для бурых углей	В настоящее время нецелесообразно строить крупногабаритные сушилки для бурых углей
Газификация углей	Повышается эффективность установок и уменьшаются выбросы, в частности оксидов азота	Возможно, но до сих пор применяется только на демонстрационных установках	Неосуществимо	Применяется только на демонстрационных установках	В среднесрочной перспективе газификация потенциально может стать конкурентной альтернативой обычному сжиганию, в частности, принимая во внимание предполагаемую эффективность производства электроэнергии, равную 51 %—55 %	Нет данных для нормального режима эксплуатации	

Таблица 2 — Технологии повышения эффективности использования твердого топлива за счет мероприятий по энергетической и ресурсной оптимизации на предприятии

НДТ	Экологический эффект	Предприятие		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемое	Пригодное к модернизации				
Комбинированное производство тепловой и электрической энергии	Повышение эффективности использования топлива	Осуществимо	Очень ограничено	Высокий	Нет данных	Зависит от местного спроса на тепловую энергию	
Замена лопаток турбины	Повышение энергоэффективности процесса	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Нет данных	Нет данных	Лопатки паровой турбины могут быть заменены на трехлопаточный пакет во время перерыва при регулярном техническом обслуживании
Использование материалов с улучшенными свойствами для достижения высоких параметров пара	Повышение энергоэффективности процесса	Осуществимо	Неосуществимо	Практикуется на проектируемых предприятиях	Нет данных	Нет данных	Использование материалов с улучшенными свойствами позволяет поддерживать давление пара 300 бар и температуру пара 600 °С
Сверхкритические параметры пара	Повышение энергоэффективности процесса	Осуществимо	Неосуществимо	Практикуется на новых предприятиях	Нет данных	Нет данных	
Двойной промежуточный перегрев пара	Повышение энергоэффективности процесса	Осуществимо	Неосуществио	Практикуется в основном на новых предприятиях	Нет данных	Снижает затраты на производство электроэнергии, решает проблемы с каплеударной эрозией лопаток последней ступени цилиндра низкого давления	
Подогрев отходящим теплом подаваемой питательной воды	Повышение энергоэффективнорсти процесса	Осуществимо	Неосуществимо	Практикуется на проектируемых предприятиях и на некоторых действующих предприятиях	Нет данных	Нет данных	На проектируемых предприятиях используют до 10 фаз для подогрева подаваемой питательной воды до температуры около 300 °С

Окончание таблицы 2

НДТ	Экологический эффект	Предприятие		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемое	Пригодное к модернизации				
Современные автоматизированные системы управления	Повышение эффективности работы котлов	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Сокращает выбросы	Нет данных	
Использование теплосодержания отходящих газов для централизованного теплоснабжения	Повышение эффективности использования топлива	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Нет данных	Нет данных	Возможна очень низкая температура охлаждающей воды

Таблица 3 — Технологии повышения эффективности использования твердого топлива за счет мероприятий по технологической оптимизации параметров сжигания на предприятии

НДТ	Экологический эффект	Предприятие		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемое	Пригодное к модернизации				
Параметры сжигания, которые следует оптимизировать							
Понижение избытка воздуха (при сжигании топлива для снижения выхода NO_X и N_2O)	Повышение эффективности использования топлива и сокращение выбросов NO_X и N_2O	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Нет данных	Нет данных	Может увеличить риск повреждения оборудования и повысить количество несгоревшего топлива
Понижение температуры отходящих газов	Повышение эффективности использования топлива	Осуществимо	Осуществимо	Высокий. Возможны коррозия и блокирование калорифера	Нет данных	Дополнительную высокую температуру можно использовать только при получении вторичного тепла	Температура отходящих газов должна быть на 10 °С—20 °С выше точки росы
Понижение содержания несгоревшего углерода в золе	Повышение эффективности использования топлива	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Сокращение выбросов NO_X приводит к высокому содержанию несгоревшего углерода в золе и недожогу топлива в золе-уносе	Нет данных	Выбросы NO_X и содержание несгоревшего углерода в золе (недожог топлива) нуждаются в оптимизации

Окончание таблицы 3

НДТ	Экологический эффект	Предприятие		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемое	Пригодное к модернизации				
Понижение концентрации CO в дымовых газах	Повышение эффективности использования топлива	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Низкие выбросы NO_X ведут к высокому уровню CO	Нет данных	Выбросы NO_X и CO нуждаются в оптимизации, но более приоритетными загрязняющими веществами являются NO_X
Очистка и отведение дымовых газов							
Отведение дымовых газов через градирни	Повторное натревание дымовых газов после установок по десульфуризации не является необходимым	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Не нужно дымовой трубы	Дополнительные затраты на строительство и обслуживание дымовой трубы не требуются	Условия отведения дымовых газов через градирни должны быть оценены в индивидуальном порядке (например, доступность градирни, место ее размещения, применяемые конструкционные материалы)
Применение технологии «мокрой» трубы		Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Видимый шлейф над дымовой трубой		

4.4 Перспективные технологии сжигания бурых углей

Технология предварительной сушки бурых углей, как ожидается, приведет к теоретическому повышению энергоэффективности предприятий приблизительно на 4 %—5 %. Цель данной технологии — сушка влажных бурых углей, которые поступают с мест добычи открытым способом, с помощью низкотемпературного нагрева (120 °С—150 °С) вместо использования горячего отработавшего газа с температурой 1000 °С. Кроме того, целью технологии является возврат энергии, потраченной для обезвоживания бурых углей, посредством конденсации пара. Задача состоит в том, чтобы энергия, требуемая для испарения влаги, содержащейся в бурых углях, возвращалась в процесс для конденсации пара. Здесь наилучшими доступными являются два различных технологических процесса:

- первый процесс — механико-термическое обезвоживание — находится в настоящее время в стадии разработки. Экспериментальный завод, на котором используют этот процесс, производит 12 т/ч сухих бурых углей с влагосодержанием, равным приблизительно 22 %. Бурые угли нагревают под давлением 60 бар и при температуре 200 °С для отделения влаги. В конце процесса обработанные бурые угли повторно нагревают;

- второй процесс, предназначенный для сушки бурых углей, сейчас находится в более поздней стадии разработки. Сушку бурых углей осуществляют в аппаратах кипящего слоя с внутренней утилизацией тепла отходящих газов. Пар, рассеиваемый от сушилки, отделяют от содержащихся в нем частиц бурых углей с помощью электростатического осадителя. Затем его снова сжимают с помощью компрессора, который работает в открытом процессе с тепловым насосом, после чего пар конденсируется в трубчатом змеевике, используемом для нагревания поверхностей в сушилке. Конденсационная теплота таким образом передается в кипящий слой для сушки бурых углей. Часть обеспыленного пара используют для разжижения бурых углей и подают в аппарат с помощью вентилятора. Экспериментальный завод, работающий по этой технологии, производит 90 т/ч сухих бурых углей с содержанием влаги 12 %.

5 Ожидаемая эффективность применения наилучших доступных технологий

5.1 Общие положения

Рациональное использование природных ресурсов и эффективное потребление энергии — два основных требования Директивы ЕС 2008/1/ЕС [2]. В этом смысле эффективность, с которой может быть произведена энергия, является важным индикатором выбросов CO_2, воздействующих на климатические изменения. Один из способов сокращения выбросов CO_2 на единицу произведенной энергии — оптимизация процессов выработки энергии и ее использования.

Применение НДТ, как правило, сопровождается повышением энерго- и тепловой эффективности, а также снижением уровня воздействия на окружающую среду и экономией ресурсов.

5.2 Энергоэффективность

Энергоэффективность, соответствующая условиям применения НДТ при эксплуатации действующих предприятий по комбинированному производству тепловой и электрической энергии, может составлять 45 %—55 %, что эквивалентно удельному расходу тепла 1,1—1,3 в зависимости от специфики предприятия. При сравнении этих показателей с энергоэффективностью новых предприятий, работающих на сжигании каменных и бурых углей, установлено, что только конденсационные электростанции с эффективностью 42 % — 47 % и удельным расходом тепла 2,3 обеспечивают экономию топлива и сокращение выбросов CO_2.

Следует учитывать, что указанные уровни энергоэффективности не могут быть достигнуты при всех эксплуатационных режимах применения НДТ. Ожидаемая энергоэффективность, закладываемая при проектировании предприятия, отличается от фактической энергоэффективности и может быть ниже на весь период эксплуатации из-за изменений величин загрузки, качества топлива и по ряду других сопутствующих причин. Энергоэффективность также зависит от системы охлаждения электростанции, ее географического местоположения и потребления энергии в системе газоочистки.

Для электростанций энергоэффективность определяют как удельный расход тепла (подводимая энергия топлива/вырабатываемая энергия на выходе из электростанции) и как эффективность электростанции, определяемую как обратную величину удельного расхода тепла, т. е. как отношение произ-

веденной энергии к подводимой энергии. Энергию топлива измеряют как показатель низшей теплоты сгорания топлива.

Применяя сверхкритические параметры пара, такие как двойной промежуточный нагрев пара и самые современные высокотемпературные материалы, для повышения энергоэффективности строят электростанции, на которых сжигают каменные и бурые угли с удельным расходом тепла 2,08 (48 %) и с использованием непосредственного водяного охлаждения.

Дороговизна высокоэффективных электростанций делает их неконкурентоспособными с экономической точки зрения.

Увеличение параметров пара (сверхкритический пар) — другое средство повышения эффективности, если комбинированное производство тепловой и электрической энергии по каким-либо причинам невозможно.

Самой высокой энергоэффективности достигают при чрезвычайно высоких параметрах пара, используемых на установках, работающих в режиме базовой нагрузки.

Установки, работающие в режиме пиковых нагрузок с частыми циклами пуска, конструируют с более низкими параметрами пара, что приводит к более низкой энергоэффективности.

5.3 Тепловая эффективность

Характер повышения тепловой эффективности зависит от вида производства, режимов нагрузки, систем охлаждения, используемых видов топлива, характера выбросов.

Комбинированное производство тепловой и электрической энергии рассматривают в качестве самого эффективного варианта сокращения общего количества выбросов CO_2, что следует принимать во внимание при строительстве вновь спроектированной электростанции, если вырабатываемое ею и потребляемое количество энергии достаточно высоко, чтобы эффективно окупить затраты на строительство более дорогого предприятия по комбинированному производству тепловой и электрической энергии вместо более простых предприятий по производству только тепловой или только электрической энергии.

С современной точки зрения наилучшие доступные варианты — это применение технологий и эксплуатационных мероприятий по повышению тепловой эффективности и сокращению образования парниковых газов, в частности выбросов CO_2 при сжигании на различных предприятиях каменных и бурых углей для получения энергии.

Вторичные мероприятия по улавливанию и размещению CO_2 также могут стать доступными в будущем, но в настоящее время их не рекомендуется рассматривать в качестве НДТ.

Предприятия по комбинированному производству тепловой и электрической энергии — наиболее технически и экономически эффективные системы использования топлива и энергоснабжения. Комбинированное производство тепловой и электрической энергии рассматривают как самый лучший вариант применения НДТ в целях сокращения количества CO_2, выброшенного в атмосферу, на единицу произведенной энергии.

Если в местных условиях спрос на тепловую энергию достаточно высок для окупаемости строительства более дорогого предприятия по комбинированному производству тепловой и электрической энергии с учетом экономической целесообразности, вместо простой тепловой электростанции или энергоустановки целесообразно проектировать строительство предприятия для комбинированного производства тепловой и электрической энергии.

Поскольку спрос на тепло варьируется в течение года, предприятия по комбинированному производству тепловой и электрической энергии должны гибко приспосабливаться к переходу на выработку электроэнергии из полученной тепловой энергии. Эти предприятия также должны обладать высокой эффективностью при эксплуатации с неполной нагрузкой. В этом контексте следует ориентироваться и на предприятия, эксплуатирующие конденсационные турбины с отводом пара, учитывая, что эффективность предприятий, эксплуатирующих конденсационные турбины с отводом пара, средняя в ряду предприятий по комбинированному производству тепловой и электрической энергии и конденсационных электростанций.

Для действующих предприятий, работающих на каменных и бурых углях, применимы многие технологии повышения тепловой эффективности. При модернизации электростанции с заменой основного оборудования (кардинальной реконструкции с установкой новых котлов) могут быть достигнуты существенные положительные результаты.

В целом для повышения тепловой эффективности целесообразно:

- уменьшать потери тепла, возникающие в результате образования несгоревших газов и элементов в твердых отходах и остатках, образующихся при сжигании твердого топлива;
- максимально повышать давление и температуру пара, а также применять повторное перегревание пара для повышения КПД;
- максимально понижать давление паровой турбины путем снижения температуры охлаждающей воды (охлаждение пресной водой);
- минимизировать потери тепла для всех без исключения дымовых газов (использование остаточного тепла или подача его в теплоцентрали);
- минимизировать потери тепла через шлаки;
- минимизировать потери тепла с помощью изоляционных материалов;
- сократить внутреннее потребление энергии посредством проведения соответствующих мероприятий (например, окислительное рафинирование испарительной колонны, использование насоса питательной воды с высоким КПД);
- использовать предварительный нагрев паром питательной воды для котла;
- оптимизировать геометрические параметры лопаток турбины.

Технические мероприятия, описанные в настоящем разделе, могут быть приняты во внимание как некоторые варианты НДТ повышения тепловой эффективности действующих предприятий.

Рекомендации относительно применения комбинированных НДТ на действующих и проектируемых предприятиях для повышения тепловой эффективности представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Планируемые уровни тепловой эффективности, связанные с применением НДТ на предприятиях, использующих в качестве твердого топлива каменные и бурые угли

Твердое топливо	НДТ	Планируемые уровни тепловой эффективности (нетто), %	
		для проектируемых предприятий	для действующих предприятий
Каменный и бурый уголь	Комбинированное производство тепловой и электрической энергии	75—90	75—90
Каменный уголь	PC (DBB и WBB)	43—47	Достигаемое повышение тепловой эффективности зависит от специфики предприятия, но в качестве ориентира можно рассматривать уровень, равный 36 %—40 %, или дополнительное повышение более чем на 3 % при использовании НДТ для действующих предприятий
	FBC	Более 41	
	PFBC	Более 42	
Бурый уголь	PC (DBB)	42—45	
	FBC	Более 40	
	PFBC	Более 42	

6 Ожидаемое снижение негативного воздействия на окружающую среду в результате применения наилучших доступных технологий на предприятиях, сжигающих каменные и бурые угли

6.1 Снижение выбросов пыли

Макрочастицы (пыль), выбрасываемые во время сгорания твердого топлива, почти полностью образуются из его минеральной фракции. Для обеспыливания отходящих газов, образующихся на проектируемых и действующих предприятиях, в качестве НДТ рекомендуется использовать электростатические или рукавные фильтры. Использование рукавного фильтра обычно позволяет достичь уровней выбросов менее 5 мг/нм^3. Циклоны и механические коллекторы изолированно не рассматривают в качестве НДТ, но их можно использовать на этапе предварительной очистки отходящих газов.

Рекомендации по применению НДТ обеспыливания отходящих газов на крупных тепловых электростанциях (ТЭС), сжигающих каменные и бурые угли, представлены в таблице 5. Для ТЭС, мощность которых превышает 100 МВт · ч, а особенно для ТЭС, мощность которых превышает 300 МВт · ч, уровни выбросов пыли ниже, потому что методы десульфуризации дымовых газов одновременно снижают выбросы макрочастиц.

Таблица 5 — Рекомендации по применению НДТ для обеспыливания уходящих газов на крупных ТЭС, сжигающих каменные и бурые угли

Мощность, МВт ч	Уровень выбросов пыли, мг/нм^3		НДТ достижения этого уровня	Производственный контроль (мониторинг)	Применимость	Примечание
	Проектируемые предприятия	Действующие предприятия				
50—100	5—20	5—30	ESP или FF	Постоянный	Проектируемые и действующие предприятия	Сокращение уровня, связанного с использованием ESP, рассматривают как 99,5 % или выше. Сокращение уровня, связанного с использованием рукавных фильтров, рассматривают как 99,95 % или выше
100—300	5—20	5—25	ESP или FF в комбинации с FGD (wet, sds или dsi) для PCESP или FF для CFBC	Постоянный	Проектируемые и действующие предприятия	
Более 300	5—10	5—20	ESP или FF в комбинации с FGD (wet) для PC ESP или FF для CFBC	Постоянный	Проектируемые и действующие предприятия	Сокращение уровня, связанного с использованием ESP, рассматривают как 99,5 % или выше. Сокращение уровня, связанного с использованием рукавных фильтров, рассматривают как 99,95 % или выше
Примечание — Для очень высоких концентраций пыли в неочищенном газе, которые возможны при использовании низкокалорийных бурых углей, используемых в качестве топлива, рассматривают в качестве НДТ показатель сокращения, равный 99,95 % для электростатических фильтров или 99,99 % для рукавных фильтров, а не уровни выбросов пыли, упомянутые в этой таблице.						

При снижении уровней пыли учитывают необходимость сокращения тонких макрочастиц (атмосферные загрязнители с диаметром частиц 2,5 мкм или менее; атмосферные загрязнители с диаметром частиц 10 мкм или менее) и минимизацию выбросов тяжелых металлов (в частности, выбросы Hg, связанные с макрочастицами), поскольку они имеют тенденцию накапливаться предпочтительно на более тонких макрочастицах пыли.

Оценки уровней выбросов, связанных с применением НДТ, основаны на ежедневном усредненном показателе, стандартных условиях и уровне O_2, равном 6 %. Для периодов пиковых нагрузок, пуска и останова, а также в случае эксплуатационных проблем систем газоочистки целесообразно рассматривать краткосрочные предельные показатели.

6.2 Снижение выбросов тяжелых металлов

Выбросы тяжелых металлов возникают в результате их наличия в естественных компонентах ископаемого топлива. Большинство рассматриваемых тяжелых металлов (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn) обычно присутствуют в виде соединений (например, оксиды, хлориды) с макрочастицами. Поэтому в качестве НДТ сокращения выбросов тяжелых металлов обычно применяют высокоэффективные устройства для обеспыливания, например такие, как электростатические или рукавные фильтры.

Только ртуть и селен частично присутствуют в паровой фазе. Ртути свойственно высокое давление пара при типичных эксплуатационных температурах, и ее сбор совместно с макрочастицами зависит от вида фильтра. В случае использования электростатических или рукавных фильтров в комбинации с технологиями десульфуризации дымовых газов, такими как мокрый пылеуловитель (с использованием известняка $CaCO_3$), мокросухой распылительный скруббер или ввод сухого сорбента (в системах десульфуризации дымовых газов ТЭС или в топку котла при использовании сухого аддитивного метода), средний уровень удаления ртути составляет 75 % (50 % — при использовании электростатического фильтра и 50 % — при десульфуризации дымовых газов), а 90 % могут быть достигнуты при дополнительном использовании устройств для селективной каталитической обработки хвостовых газов.

Минеральное содержание топлива включает в себя различные вещества, зависящие от его происхождения. Такие виды твердого топлива, как каменные и бурые угли, имеют определенную концентрацию рассеянных элементов (присутствующих в очень малых количествах), включая тяжелые металлы. Поведение тяжелых металлов в процессе сжигания определяется сложными физико-химическими процессами. Большинство тяжелых металлов в процессе сжигания твердого топлива испаряется и затем конденсируется на поверхности макрочастиц (т. е. летучей золы). Большинство металлов имеют также достаточно низкие давления пара при эксплуатационных температурах, соответствующих типичным устройствам контроля загрязнения воздуха, что делает возможным их конденсацию на макрочастицах.

НДТ сокращения выбросов тяжелых металлов из отходящих газов, образующихся на предприятиях, где сжигают каменные и бурые угли, должна предусматривать использование высокоэффективных электростатических фильтров (уровень сокращения выбросов — более 99,5 %) или рукавных фильтров (уровень сокращения выбросов — более 99,95 %).

Ртуть имеет высокое давление пара в устройствах контроля и регулировки при типичных эксплуатационных температурах, и ее сбор в устройствах контроля и регулировки зависит от степени сбора макрочастиц.

На крупных промышленных предприятиях, где в энергетических целях сжигают твердое топливо, НДТ сокращения выбросов SO_2 и снижения уровней выбросов ртути предполагают десульфуризацию дымовых газов с использованием мокросухого распылительного скруббера и применение скруббера мокрой очистки с использованием извести/известняка.

Для сокращения и ограничения выбросов ртути следует применять каменные угли хорошего качества, имеющие сравнительно низкое содержание ртути.

Самые эффективные результаты по очистке отходящих газов от ртути получают при использовании рукавных и электростатических фильтров. Высокая производительность электростатических фильтров обеспечивает эффективное удаление ртути из сжигаемых битуминозных каменных углей при температурах менее 130 °С. Кроме того, некоторые комбинации систем газоочистки могут до известной степени удалять окисленную и частично связанную ртуть. Для рукавных или электростатических фильтров, которые комбинируют с технологиями десульфуризации (в скрубберах мокрой очистки с помощью известняка, мокросухих распылительных скрубберах) или при вводе сухого сорбента (в системах десульфуризации дымовых газов ТЭС) в топку котла при использовании сухого аддитивного метода, могут быть получены средние нормативы удаления ртути до 75 % (50 % — в электростатических фильтрах и 50 % — при десульфуризации) или до 90 % при дополнительном селективном каталитическом восстановлении хвостовых газов.

Уровень улавливания ртути при сжигании суббитуминозных или бурых углей значительно ниже и колеблется в пределах от 30 % до 70 %. Более низкие уровни улавливания ртути на предприятиях, использующих суббитуминозные или бурые угли, объясняют низким содержанием углерода в золе и более высоким содержанием газообразной ртути в дымовых газах, образующихся при сгорании этих топлив.

В качестве НДТ можно рассматривать периодический производственный контроль (мониторинг), который рекомендуется проводить с частотой от ежегодного до одного раза в три года в зависимости от вида используемого угля. Общие выбросы ртути следует контролировать не только на присутствие ртути, но и на ее наличие на твердых частицах.

6.3 Снижение выбросов диоксида серы

Выбросы диоксида серы (SO_2) образуются в результате присутствия серы в твердом топливе, поэтому для предприятий сжигание твердого топлива с низким содержанием серы (малосернистого топлива) рассматривают как применение НДТ. Однако использование малосернистого топлива на крупных ТЭС, мощность которых превышает 100 МВт · ч, как правило, рассматривают только как дополнительное мероприятие для сокращения выбросов SO_2 в комбинации с другими мероприятиями.

Наряду с использованием малосернистого топлива к технологиям, рассматриваемым в качестве НДТ, могут быть причислены главным образом следующие: десульфуризация с помощью мокрого скруббера (показатель сокращения — 92 %—98 %) и мокросухого распылительного скруббера (показатель сокращения — 85 %—92 %), доля которых на рынке составляет более 90 %.

Таблица 6 — НДТ предотвращения и контроля выбросов пыли и тяжелых металлов, осажденных на пыли

НДТ	Экологический эффект	Предприятие		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Экономический эффект	Примечание
		Проектируемое	Пригодное к модернизации				
Электростатический фильтр	Сокращение выбросов пыли. Удаление тяжелых металлов и Hg — результат положительный, но имеется незначительный побочный эффект	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Нет	Затраты составляют 13—60 евро на каждый кВт. Этот показатель не включает в себя капитальные затраты на обработку собранной золы и системы транспортирования, которые являются значительными при использовании бурых углей	Электростатический фильтр — лучшее экономическое решение, особенно для крупных предприятий. Ртуть, связанная с пылью, находится на твердых частицах, поэтому она хорошо улавливается электростатическим фильтром. В случае битуминозных и бурых углей удаление Hg менее эффективно из-за высокой щелочности золы и низкого уровня HCl в дымовых газах
Рукавный фильтр	Сокращение выбросов тонкодисперсной пыли (загрязняющие вещества диаметром частиц 2,5 мк и загрязняющие вещества диаметром частиц 10 мк). Удаление тяжелых металлов и Hg — положительный фактор, но имеется незначительный побочный эффект	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Эффективность предприятий будет снижаться на 0,1 %	Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание выше, чем при использовании электростатического фильтра	На предприятиях, где осуществляют сжигание каменного угля, рукавные фильтры в основном используют в сухих и полусухих технологиях нисходящего потока для сокращения выбросов SO_2. Ртуть, связанная с пылью, находится на твердых частицах, поэтому она хорошо улавливается рукавным фильтром. В случае битуминозных и бурых углей удаление Hg менее эффективно из-за высокой щелочности золы и низкого уровня HCl в дымовых газах
Циклоны	Сокращение выбросов пыли	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Очень ограниченное уменьшение тонких частиц	Низкие капитальные затраты	Так же как электростатические и тканевые фильтры, для предварительного обеспыливания могут быть использованы механические циклоны
Добавки активированного угля в десульфуризаторы	Сокращение выбросов Hg	Осуществимо	Осуществимо	Ограничен		Добавки активированного угля в десульфуризаторы связаны с низкими капитальными и эксплуатационными затратами	Добавки активированного угля в десульфуризаторы пока широко не применяют из-за увеличения содержания ртути в гипсе

Технологии сухой десульфуризации дымовых газов путем ввода сухого сорбента в топку котла при использовании сухого аддитивного метода используют главным образом на крупных ТЭС, тепловая мощность которых ниже 300 МВт · ч.

Мокрые скрубберы дают такое преимущество, как сокращение выбросов HCl, HF, пыли и тяжелых металлов, но из-за высокой стоимости мокрые скрубберы не рассматривают в качестве НДТ для предприятий мощностью менее 100 МВт · ч.

Разграничение НДТ может быть сделано для крупных предприятий по сжиганию угольной пыли и по сжиганию твердого топлива в кипящем слое, потому что используют различные технические варианты десульфуризации.

Кроме использования малосернистого угля на предприятиях по сжиганию угольной пыли рассматривают в качестве НДТ следующие технологии: мокросухие распылительные скрубберы; для предприятий с производительностью ниже 250 МВт · ч — также ввод сухого сорбента (в системы десульфуризации дымовых газов ТЭС или в топку котла при использовании сухого аддитивного метода) (т. е. ввод сухого сорбента с непосредственно примыкающим рукавным фильтром). Эти технологии занимают на рынке более 90 % методов десульфуризации дымовых газов. Соответствующий уровень десульфуризации для мокрых скрубберов составляет от 85 % до 98 %, для мокросухих распылительных скрубберов — от 80 % до 92 % и для ввода сухого сорбента (в системы десульфуризации дымовых газов ТЭС или в топку котла при использовании сухого аддитивного метода) — от 70 % до 90 %. Однако это условие не является необходимым для проведения десульфуризации на предприятиях, если выбросы SO_2 ниже уровней выбросов, обусловленных применением НДТ.

Мокрый скруббер дает высокий уровень сокращения выбросов для HF и HCl (98 %—99 %). Для обоих загрязняющих веществ при использовании мокрых скрубберов уровень связывания выбросов составляет 1—5 мг/нм^3. Оборудование для десульфуризации, оснащенное вращающимися теплообменниками с перекрестным потоком газовых теплоносителей, обеспечивает более высокие уровни выбросов. Для HF эффективность полного удаления ниже, чем для SO_2 и HCl.

Другое преимущество мокрого скруббера — его вклад в сокращение выбросов пыли и тяжелых металлов (включая ртуть). Существующие заводы, применяющие систему мокрой десульфуризации, могут уменьшить выбросы SO_2 посредством оптимизации структуры потока в абсорбционной камере. Процесс мокрой очистки ощутимо дорог для малых предприятий, поэтому его не рассматривают в качестве НДТ для предприятий мощностью менее 100 МВт · ч. Однако в отличие от других систем десульфуризации мокрые скрубберы производят гипс, который может быть вторичным коммерческим продуктом, используемым в строительстве или цементной промышленности.

Скрубберы, использующие морскую воду, рассматривают в качестве элемента применения НДТ, так как они отличаются высокой надежностью и характеризуются сравнительно простым процессом эксплуатации, не требующим обработки шлама и не приводящим к образованию побочных продуктов. Однако местные условия, связанные с использованием морской воды (например, приливное течение), должны быть тщательно исследованы для предотвращения любых негативных экологических воздействий.

Негативные воздействия могут также стать результатом снижения уровня pH в непосредственной близости от электростанции, а также из-за поступления остающихся металлов (тяжелых металлов, в частности ртути) и летучей золы. Это особенно относится к предприятиям, расположенным в дельтах рек.

Другие технологии десульфуризации, такие как комбинированные технологии для сокращения выбросов NO_X и SO_2, например применение активированного угля и процесса DESONOX (процесс Degussa SO_X — NO_X), рассматривают в качестве НДТ в случае, если местные условия позволяют использовать эти технологии или капиталовложения оправдываются.

Эффект естественной десульфуризации в соответствии с использованием малосернистых бурых углей с низким содержанием серы и высокой щелочной зольностью также позволяет удалять SO_2 на уровне до 90 %, но приводит (из-за низкого качества топлива) к большим выбросам пыли и высокому образованию остаточных веществ.

Температура горения при сжигании в кипящем слое благоприятна для реагирования серы с соединениями кальция или магния, добавленными в кипящий слой. Продукты реакции, такие как гипс и не-

прореагировавший известняк, удаляют частично из кипящего слоя вместе с донной золой, частично — с помощью электростатического осадителя или рукавного фильтра вместе с летучей золой.

Высокие соотношения Ca/S необходимы для значительного сокращения уровня серы при сжигании в кипящем слое в большей мере, чем при мокрой очистке или в скруббере с разбрызгивающим устройством. Однако даже при очень высоком соотношении Ca/S сжигание в кипящем слое не может достигнуть таких же высоких уровней сокращения выбросов, как при мокрой очистке.

Более высокие степени десульфуризации достижимы при сжигании топлива в котлах с циркулирующим кипящим слоем. При сжигании каменных и бурых углей в котлах с циркулирующим кипящим слоем возможна эффективность удаления, равная 80 %—95 %, при среднем соотношении Ca/S (т. е. 2—4). Если в топливе увеличивается содержание серы, то Ca/S немного снижают для определенного удаления серы (например, 90 %-ное удаление). Однако фактический удельный массовый расход известняка оказывается больше, что приводит к образованию остатков.

Современная технология сжигания высокосернистого топлива (4 %—6 % S) в циркулирующем кипящем слое должна объединять:

а) улавливание серы известняком в печи;

б) улавливание серы на холодном конце теплообменника.

Когда учтены все аспекты, улавливание серы при сжигании топлива в циркулирующем кипящем слое с впрыском известняка в кипящий слой можно рассматривать в качестве НДТ для малосернистого и умеренно сернистого топлива (менее 1 %—3 % S).

При сжигании топлива в пузырьковом кипящем слое соответствующая эффективность удаления находится в интервале от 55 % до 65 %, что зависит от качества каменных или бурых углей, а также от качества и объема потребления известняка. Из-за низкой степени десульфуризации при сжигании топлива в пузырьковом кипящем слое в качестве НДТ недопустимо рассматривать введение известняка или доломита. Применительно к котлам для сжигания топлива в пузырьковом кипящем слое, где сжигают только каменные угли, технологии очистки уходящих газов, уже описанные как НДТ сжигания угольной пыли, также являются НДТ с соответствующими уровнями выбросов.

Рекомендации по применению НДТ десульфуризации отходящих газов и связанных с ними выбросов представлены в таблице 7. Уровни выбросов, связанные с НДТ, основаны на ежедневном усредненном показателе, стандартных условиях и уровне O_2, равном 6 %, и представляют типичную ситуацию. Для периодов пиковых нагрузок, пуска и останова, а также для периодов эксплуатационных проблем систем газоочистки должны быть рассмотрены краткосрочные предельные показатели.

Технологии для предотвращения и контроля выбросов SO_2 представлены в таблице 8.

Таблица 7 — Рекомендации по применению НДТ предотвращения и регулирования выбросов SO_2 на предприятиях, где сжигают каменные и бурые угли

Мощность, МВт · ч	Технология сжигания	Уровень выбросов SO_2, соответствующий НДТ, мг/нм^3		НДТ достижения заданных уровней выбросов SO_2	Применимость	Производственный контроль (мониторинг)
		Проектируемые предприятия	Действующие предприятия			
50—100	Колосниковая решетка	200—400	200—400	Малосернистое топливо или FGD (sds)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	PC	200—400	200—400	Малосернистое топливо FGD (sds, dsi)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	FBC и PFBC	150—400	150—400	Малосернистое топливо. Введение известняка	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	BFBC	150—400	150—400	Малосернистое топливо FGD (dsi) FGD (sds)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный

Окончание таблицы 7

Мощность, МВт · ч	Технология сжигания	Уровень выбросов SO_2, соответствующий НДТ, мг/нм^3		НДТ достижения заданных уровней выбросов SO_2	Применимость	Производственный контроль (мониторинг)
		Проектируемые предприятия	Действующие предприятия			
100—300	PC	100—200	100—250	Малосернистое топливо. FGD (wet, sds). FGD (dsi, не выше 200 МВт · ч). Скрубберы с использованием морской воды. Комбинированные технологии для сокращения выбросов NO_X и SO_2	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	CFBC и PFBC	100—200	100—250	Малосернистое топливо. Введение известняка	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	BFBC	100—200	100—250	Малосернистое топливо. FGD (wet, sds)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
Более 300	PC	20—150	20—200	Малосернистое топливо. FGD (wet). FGD (sds). Скрубберы с использованием морской воды. Комбинированные технологии для сокращения выбросов NO_X и SO_2	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	CFBC и PFBC	100—200	100—200	Малосернистое топливо. Введение известняка	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	BFBC	20—150	20—200	Малосернистое топливо. FGD (wet)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный

Таблица 8 — Технологии предотвращения и контроля выбросов SO_2

НДТ	Экологический эффект	Предприятия		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемые	Пригодные к модернизации				
Первичные мероприятия							
Использование малосернистого топлива	Сокращение выбросов SO_2 в источнике образования	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Возможно повышение выбросов пыли и NO_X	Зависит от топлива	Возможно повышение выбросов пыли и NO_X
Котел, оборудованный топкой с кипящим слоем	Сокращение выбросов SO_2 и NO_X	Осуществимо	Очень ограничен	Высокий	Высокие выбросы N_2O	Специфика предприятия	
Вторичные мероприятия							
Мокрый скруббер, в котором используется известь/известняк, с производством гипса	Сокращение выбросов SO_2, HF, HCl, пыли, Hg и Se. Реконструкция действующих предприятий посредством использования десульфуризаторов обеспечивает побочную выгоду в виде контроля тонкой пыли и Hg	Осуществимо, но применяют редко на предприятиях, мощность которых ниже 100 МВт · ч	Осуществимо	Высокий	В связи с тем, что используют известь, выбросы As, Cd, Pb и Zn могут быть немного выше. Повышение выбросов CO_2. Сбросы сточных вод	Специфика предприятия	Из-за высоких затрат на технологии с использованием мокрых скрубберов эта технология — более экономичное решение для крупных предприятий. Существующие мокрые скрубберы могут быть усовершенствованы посредством оптимизации структуры потока в абсорбере. Газообразные соединения Hg^{2+} в дымовых газах, слабоустойчивые по отношению к более сильным группам, обычно «захватываются» на мокрых скрубберах для десульфуризации дымовых газов
Скрубберы, в которых используют морскую воду	Сокращение выбросов SO_2, HF, HCl, пыли и Hg. Реконструкция действующих предприятий посредством использования десульфуризаторов обеспечивает побочную выгоду в виде контроля тонкой пыли и Hg	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Тенденция к снижению уровня pH в выбросах сточных вод и тяжелых металлов и остающейся золы для морской среды	Специфика предприятия	Использование мокрых скрубберов (с применением морской воды) очень зависит от местных условий, потому что загрязняющие вещества поступают в морскую среду. Газообразные соединения Hg^{2+} в дымовых газах, слабоустойчивые по отношению к более сильным группам, обычно «захватываются» на мокрых скрубберах для десульфуризации дымовых газов

Окончание таблицы 8

НДТ	Экологический эффект	Предприятия		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемые	Пригодные к модернизации				
Другие типы мокрых скрубберов	Сокращение выбросов SO_2	Осуществимо, но на проектируемых предприятиях применяют редко	Зависит от конкретного предприятия	Очень ограничен	Зависит от технологии	Нет данных	Сокращение выбросов других загрязняющих веществ зависит от специальных технологий
Мокросухой распылительный скруббер	Сокращение выбросов SO_2, HF, HCl, пыли и Hg. Реконструкция действующих предприятий посредством использования десульфуризаторов обеспечивает побочную выгоду в виде контроля тонкой пыли и Hg	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Остатки, которые необходимо захоронять на полигонах. Снижение общей эффективности	Специфика предприятия	Газообразные соединения Hg^{2+} в дымовых газах, слабоустойчивые по отношению к более сильным группам, обычно «захватываются» на мокрых скрубберах для десульфуризации дымовых газов, в частности на рукавных фильтрах.
Ввод сорбента	Сокращение выбросов SO_2, HF, HCl, пыли	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Остатки, которые необходимо захоронять на полигонах	Нет данных	
Другие технологии	Сокращение выбросов SO_2 и при использовании комбинированных технологий — также выбросов NO_X	Осуществимо, но на новых предприятиях применяют редко	Зависит от конкретного предприятия	Очень ограничен	Сокращение выбросов других загрязняющих веществ зависит от специальных технологий		

6.4 Снижение выбросов/сбросов ртути

Для снижения выбросов/сбросов ртути необходимо обеспечивать выполнение требований Директивы 2008/105/ЕС [3], согласно которой при отсутствии предельных показателей для ЕС, государства — члены ЕС должны установить стандарты для выбросов/сбросов ртути самостоятельно в соответствии с Директивой 76/464/ЕЭС [4]. Такие стандарты должны принимать во внимание НДТ и не должны быть менее строгими, чем сопоставимые предельные показатели, приведенные в Директиве 2008/105/ЕС [3]. Кроме того, они должны установить процедуры проведения мониторинга состояния окружающей среды.

Для предприятий мощностью менее 100 МВт · ч в качестве НДТ рассматривают использование малосернистых каменных углей или ввод сорбента.

6.5 Снижение выбросов оксидов азота

Основными оксидами азота, выбрасываемыми во время сжигания топлива, являются монооксид азота (NO) и диоксид азота (NO_2), совместно обозначаемые как (NO_X), и оксид диазота (N_2O).

На предприятиях, где сжигают угольную пыль, сокращение выбросов NO_X осуществляют с помощью первичных и вторичных мероприятий, например таких, как SCR NO_X, рассматриваемое в качестве НДТ, если уровень снижения выбросов при его применении варьируется в пределах от 80 % до 95 %. Использование оборудования для SNCR NO_X или оборудования для SCR NO_X имеет такой недостаток, как возможный выброс непрореагировавшего аммиака («проскок» аммиака). Для малых предприятий, работающих на твердом топливе стабильного качества, технологию SNCR NO_X также рассматривают как НДТ сокращения выбросов NO_X.

На предприятиях, где сжигают бурый уголь, в качестве НДТ применяют комбинацию различных первичных мероприятий, к которым относят использование современных малотоксичных горелок (горелок с низким выходом NO_X) в сочетании с другими первичными мероприятиями, например такими, как:

- рециркуляция топочных газов;
- ступенчатое сжигание или сжигание со ступенчатой подачей воздуха (путем создания первичной зоны с недостатком кислорода и зоны дожигания с избытком воздуха; в зависимости от топлива и конструкции котла образование NO_X снижается до 10 %—40 %);
- дожигание.

Использование первичных мероприятий может стать причиной неполного сгорания, приводящего к более высокому уровню механического недожога (повышению весовой доли горючей массы топлива, остающейся в шлаке и золе-уносе) и небольшому количеству выбросов оксидов углерода.

В котлах, оборудованных топкой с кипящим слоем, в качестве НДТ рассматривают сокращение выбросов NO_X, достигаемое посредством воздухораспределения или рециркуляции топочных газов. Имеются незначительные различия в выбросах NO_X при сжигании топлива в пузырьковом кипящем слое и при сжигании топлива в циркулирующем кипящем слое.

В целом для предприятий, на которых сжигают каменные и бурые угли, сокращение NO_X при использовании комбинации первичных и (или) вторичных мероприятий рассматривают как НДТ. Идентификацию НДТ производят в соответствии с технологией, используемой в котле, т. е. со сжиганием угольной пыли или сжиганием в кипящем слое с использованием в качестве топлива каменных или бурых углей.

При сжигании угольной пыли сокращение выбросов NO_X с помощью первичных мероприятий в комбинации со вторичными мероприятиями, такими как SCR NO_X, рассматривают как НДТ. Эффективность сокращения выбросов NO_X с помощью оборудования для SCR NO_X находится в пределах от 80 % до 95 %.

В настоящее время доступны различные процессы для регенерации отработавших катализаторов, что значительно увеличивает жизненный цикл катализатора и соответственно снижает эксплуатационные расходы на применение SCR NO_X. Экономическая целесообразность применения SCR NO_X в действующих котлах связана прежде всего с продолжительностью существования предприятия, что не обязательно определяется сроком службы котла.

Использование SCR NO_X связано с таким неблагоприятным фактором, как «проскок» аммиака. Что касается концентрации аммиака при использовании SCR NO_X, то уровень ниже 5 мг/нм^3 рассматривают как НДТ. Этот уровень также предотвращает проблемы, связанные с последующей утилизацией летучей золы и образованием негативных запахов на прилегающих территориях.

Комбинированные технологии для сокращения NO_X и SO_2, такие как применение активированного угля и процесса DESONOX (процесс Degussa SO_X—NO_X), являются частью НДТ, но их преимущества, недостатки и применимость должны быть проверены на местном уровне.

Технологию SCR NO_X рассматривают как часть НДТ сокращения выбросов NO_X, но из-за относительно низких выбросов NO_X на предприятиях, где сжигают бурые угли, по сравнению с предприятиями, где сжигают каменные угли, SCR NO_X не рассматривают как НДТ сжигания бурых углей в общем смысле.

Что касается использования современных малотоксичных горелок (горелок с низким выходом NO_X) в действующих котлах, то было выявлено, что печи устаревших конструкций обычно малогабаритные (сконструированные для высокоинтенсивного сжигания). В связи с этим температура печи может быть снижена только в известных пределах. Кроме того, глубина печи может быть приспособлена только для немного более длинного пламени, нежели того, на которое печь была первоначально сконструирована. Для морально устаревших печей применение современных вихревых технологий, у которых пламя не намного длиннее, чем в оригинальных горелках, расценивают как НДТ.

Высота в морально устаревших печах обычно незначительная и может препятствовать установке камеры для двухступенчатого сжигания топлива. Даже если установить камеру для двухступенчатого сжигания топлива, время нахождения газообразных продуктов сгорания в верхней части печи, возможно, будет не достаточно долгим для их полного сгорания. В котлах более поздних годов постройки, когда стало известно о формировании NO_X, печи обычно были крупногабаритными, благодаря чему достигалось снижение уровня NO_X. Лучшие результаты получены, когда сжигание с использованием малотоксичных горелок предусматривалось уже при проектировании котла.

Для небольших предприятий с низкой вариабельностью загрузки и с постоянным качеством топлива в качестве дополнительного мероприятия для сокращения выбросов NO_X можно рассматривать технологию SNCR NO_X.

Использование первичных мероприятий для каменных или бурых углей имеет тенденцию вызывать неполное сгорание, что приводит к высокому уровню механического недожога (весовой доли горючей массы топлива, остающейся в шлаке и золе-уносе) и небольшому количеству выбросов монооксида углерода. Хорошо проработанный проект и регулирование сжигания обычно позволяют избежать указанных негативных воздействий. Количество весовой доли горючей массы топлива, остающейся в шлаке и золе-уносе, изменяется в зависимости от топлива и обычно бывает несколько выше, чем без использования первичных мероприятий. Для большинства вариантов утилизации летучей золы обусловленный применением НДТ уровень весовой доли горючей массы топлива, остающейся в шлаке и золе-уносе, ниже 5 %. Уровни весовой доли горючей массы топлива, остающейся в шлаке и золе-уносе, ниже 5 % могут быть достигнуты с некоторыми углями только за счет более высоких уровней выбросов NO_X. Первичные мероприятия по сокращению выбросов NO_X также оказывают воздействие на общую энергоэффективность процесса. Если сгорание остается неполным, то энергоэффективность ниже. Нормальное повышение количества несгоревшего углерода из-за низкого сгорания NO_X имеет негативное воздействие приблизительно 0,1 %—0,3 % на единицу эффективности.

При сжигании каменных и бурых углей в кипящем слое сжигание со ступенчатой подачей воздуха рассматривают как НДТ. В этом случае сжигание начинают при стехиометрических условиях пиролизом в пузырьковом кипящем слое топки котла с кипящим слоем или в пузырьковом кипящем слое более низкой части циркулирующего слоя. Остальная часть воздуха для горения добавляется позже постепенно, чтобы в конце достичь необходимых стехиометрических условий и закончить горение. В циркулирующем кипящем слое материал циркулирующего кипящего слоя гарантирует такое распределение температур, которое обычно поддерживает температуру печи ниже 900 °С, что в большой степени препятствует формированию NO_X. С другой стороны, низкие температуры стимулируют образование N_2O и увеличивают количество несгоревшего углерода. Поэтому сжигание в кипящем слое является альтернативным процессом поддержания равновесия между частично противоречивыми требованиями образования NO_X, N_2O, регулирования объемов образования SO_2 и несгоревших углеводородов (CO). В котлах, оборудованных топкой с кипящим слоем, величина уровней выбросов N_2O, равная 30—150 мг/нм^3, зависит от используемого твердого топлива (каменные или бурые угли).

При сжигании топлива в пузырьковом кипящем слое сгорание пиролизных газов может стать причиной повышения температуры выше 1200 °С, что стимулирует формирование NO_X.

Как правило, формирование NO_X в правильно сконструированном кипящем слое может быть сохранено ниже уровня образования NO_X, достигаемого с помощью малотоксичных горелок (горелок с низким выходом NO_X).

Рекомендации относительно применения НДТ для предотвращения и регулирования выбросов NO_X и связанных с ними выбросов других веществ представлены в таблице 9. Уровни выбросов, связанные с применением НДТ, основаны на ежедневном усредненном показателе, стандартных условиях и уровне O_2, равном 6 %, что представляет собой типичную практическую ситуацию. Для периодов пиковых нагрузок, пуска и останова, а также для проблем, связанных с эксплуатацией систем газоочистки, целесообразно рассматривать краткосрочные предельные показатели.

Рекомендации по применению НДТ для предотвращения и контроля выбросов NO_X и N_2O представлены в таблице 10.

Таблица 9 — Рекомендации по применению НДТ предотвращения и регулирования выбросов NO_X и связанных с ними выбросов других веществ при сжигании каменных и бурых углей

Мощность, МВт ч	Технология сжигания	Уровни выбросов NO_X для соответствующих НДТ, мг/нм^3		Твердое топливо	Варианты НДТ достижений этого уровня	Возможность применения	Производственный контроль (мониторинг)
		Проектируемые предприятия	Действующие предприятия				
50—100	Колосниковая решетка	200—300	200—300	Каменные и бурые угли	Pm и (или) SNCR	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	PC	90—300	90—300	Каменные угли	Комбинация Pm (таких как ступенчатая подача воздуха и топлива, малотоксичные горелки и т. д.), SNCR или SCR в качестве дополнительных мероприятий	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	BFBC, CFBC и PFBC	200—300	200—300	Каменные и бурые угли	Комбинация Pm (таких как ступенчатая подача воздуха и топлива)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
100—300	PC	200—450	200—450	Бурые угли	Комбинация Pm (таких как ступенчатая подача воздуха и топлива)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	PC	90—200	90—200	Каменные угли	Комбинация Pm (таких как ступенчатая подача воздуха и топлива, малотоксичные горелки, трехступенчатое сжигание топлива и т. д.) в комбинации с SCR или комбинированные технологии	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	PC	100—200	100—200	Бурые угли	Комбинация Pm (таких как ступенчатая подача воздуха и топлива, малотоксичные горелки, трехступенчатое сжигание топлива и т. д.)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	BFBC, CFBC и PFBC	100—200	100—200	Каменные и бурые угли	Комбинация Pm (таких как ступенчатая подача воздуха и топлива), если необходимо, вместе с SNCR	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
Более 300	PC	90—150	90—200	Каменные угли	Комбинация Pm (таких как ступенчатая подача воздуха и топлива, малотоксичные горелки, трехступенчатое сжигание топлива и т. д.) в комбинации с SCR или комбинированные технологии	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	PC	50—200	50—200	Бурые угли	Комбинация Pm (таких как ступенчатая подача воздуха и топлива, малотоксичные горелки, трехступенчатое сжигание топлива и т. д.)	Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный
	BFBC, CFBC и PFBC	50—150	50—200	Каменные и бурые угли		Проектируемые и действующие предприятия	Постоянный

Таблица 10 — Рекомендации по применению НДТ для предотвращения и контроля выбросов NO_X и N_2O

НТД	Экологический эффект	Предприятия		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемые	Пригодные к модернизации				
Первичные мероприятия							
Низкие избытки воздуха (при сжигании топлива для снижения выхода NO_X)	Сокращение выбросов NO_X и N_2O, повышение эффективности	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Низкий избыток воздуха ведет к повышению уровня выбросов CO и HC	Специфика предприятия	Риск коррозии трубы и стенок
Ступенчатая подача воздуха в топку для соответствующей организации процесса сжигания [двухступенчатое сжигание топлива, сжигание топлива с перераспределением потока воздуха по ярусам, когда горелки нижнего ряда работают с недостатком воздуха, а горелки верхнего ряда — с избытком воздуха, и отключенные (неиспользуемые) горелки топки котла]		Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Тенденция к повышению содержания несгоревшего углерода в золе топлива	Специфика предприятия	
Рециркуляция отходящих газов		Осуществимо	Осуществимо	Высокий		Специфика предприятия	Для действующих предприятий возможность применения зависит от специфики предприятия
Малотоксичные горелки (горелки с низким выходом NOx)	Сокращение выбросов NO_X	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Тенденция к повышению содержания несгоревшего углерода в золе топлива		Для действующих предприятий зависит от специфики предприятия. Часто включает в себя ступенчатую подачу воздуха в топку для соответствующей организации процесса сжигания
Трехступенчатое сжигание топлива (с первичной зоной горения, зоной восстановления и зоной дожигания)	Сокращение выбросов NO_X	Осуществимо	Осуществимо	Высокий		Специфика предприятия	Для действующих предприятий применимость зависит от специфики предприятия. Пространственные ограничения делают трехступенчатое сжигание топлива менее применимым для реконструкции действующих предприятий, чем для использования на проектируемых предприятиях

Окончание таблицы 10

НТД	Экологический эффект	Предприятия		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемые	Пригодные к модернизации				
Мероприятия по сокращению выбросов N_2O для котлов, оборудованных топкой с кипящим слоем							
Низкие избытки воздуха (при сжигании топлива для снижения выхода NO_X)	Сокращение выбросов NO_X	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Более высокие выбросы CO	Специфика предприятия	
Повышение температуры кипящего слоя	Сокращение выбросов NO_X	Осуществимо	Осуществимо	Экспериментальная стадия	Повышенные выбросы NO_X и SO_2	Нет данных	Риск коррозии
Использование катализаторов, например MgO или CaO	Сокращение выбросов NO_X	Осуществимо	Осуществимо	Экспериментальная стадия	Нет данных		
Повышение температуры отходящих газов	Сокращение выбросов N_2O	Осуществимо	Осуществимо	Нет данных			
Вторичные мероприятия							
SNCR NO_X	Сокращение выбросов NO_X, хотя уровень сокращения ниже, чем в случае использования SCR	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	«Проскок» аммиака	Специфика предприятия	Очень малый температурный интервал и чувствительность к изменениям нагрузки. По этим причинам возможность применения очень ограничена при сжигании порошкообразного топлива, а также ограничивается при сжигании топлива в циркулирующем кипящем слое
SCR NO_X	Сокращение выбросов NO_X	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	«Проскок» аммиака	Специфика предприятия	До настоящего времени технологию SCR NO_X применяют только на предприятиях, где сжигают каменные угли
Селективное автокаталитическое восстановление NO_x							Новые технологии по сокращению выбросов NO_X уже продемонстрированы в полном масштабе
Комбинированные технологии	Сокращение выбросов NO_X и SO_2	Осуществимо, но на проектируемых предприятиях применяют редко	Осуществимо, но применяют редко	Очень ограничен	Зависит от конкретного процесса	Нет данных	Комбинированные технологии занимают только малую долю рынка по сравнению с технологиями SCR NO_X

Систему обработки уходящих газов, образующихся при сжигании ископаемого топлива, одновременно улавливающую серу и NO_X, тяжелые металлы, включая ртуть, применяют в США [1] (см. также приложение А).

6.6 Снижение выбросов фторида водорода и хлорида водорода

Для предприятий, где сжигают каменные и бурые угли, мокрые скрубберы (особенно для предприятий мощностью более 100 МВ · ч) и мокросухие распылительные скрубберы рассматривают как применение НДТ для сокращения выбросов SO_2. Эти технологии также дают высокий уровень сокращения выбросов для фторида водорода (HF) и хлорида водорода (HCl) (на 98 %—99 %). При использовании мокрых скрубберов или мокросухих распылительных скрубберов соответствующий применяемой НДТ уровень выбросов HCl составляет 1—10 мг/нм^3, а для HF — 1—5 мг/нм^3. Если десульфуризацию не применяют, например, если сухую известь добавляют в котел, оборудованный топкой с кипящим слоем, уровни выбросов как HCl, так и HF могут быть намного выше.

При измерении уровней HF или HCl в дымовой трубе проблема может быть связана с внутренними потерями от утечек во вращающемся теплообменнике с потоком отходящих газовых теплоносителей. В этом случае неочищенные газообразные продукты горения пойдут непосредственно в дымовую трубу, не уменьшая содержания SO_2, HF и HCl. Поэтому современную конструкцию теплообменника (с потоком отходящих газовых теплоносителей) рассматривают как часть оснащения НДТ. Однако из-за эксплуатационных и экономических причин целесообразность замены можно рассматривать в том случае, если теплообменник должен быть так или иначе заменен. Современный теплообменник (с потоком отходящих газовых теплоносителей) может быть комбинацией теплового экстрактора (мультитрубный тепловой экстрактор) с промежуточным пароперегревателем или использованием труб с высокой температурой. В этом случае лучший вариант — удаление летучих газов через градирню, если это технически возможно. В таком случае не требуются промежуточный пароперегреватель и теплообменник (с потоком отходящих газовых теплоносителей).

Другой вариант — использование высококачественного каплеуловителя и прохождение летучих отходящих газов через кислотоупорную дымовую трубу. В этом случае нет необходимости в пароперегревании и теплообменнике (с потоком отходящих газовых теплоносителей).

Поскольку введение известняка при сжигании топлива в циркулирующем кипящем слое расценивают как применение НДТ для сокращения выбросов SO_2 вместо мокрого скруббера при сжигании угольной пыли, уровень HCl, соответствующий НДТ, оценивают в интервале от 15 до 30 мг/нм^3.

6.7 Снижение выбросов аммиака

Недостатки технологий SNCR NO_X и SCR NO_X заключаются в выбросах непрореагировавшего аммиака (NH_3) в воздух («проскок» аммиака). Концентрация аммиака, связанная с использованием НДТ, должна быть менее 5 мг/нм^3 во избежание проблем, связанных с утилизацией золы, и, возможно, появления негативного запаха на близлежащих территориях. «Проскок» аммиака часто является лимитирующим фактором при использовании технологии SNCR NO_X. Чтобы избежать «проскока» аммиака при использовании этой технологии, нижний слой катализатора может быть размещен в области экономайзера для подогрева питательной воды котла. Поскольку этот катализатор уменьшает «проскок» аммиака, также уменьшается соответствующее количество NO_X.

6.8 Снижение выбросов монооксида углерода

Выбросы монооксида углерода (CO) всегда появляются в качестве промежуточного продукта процесса сжигания. НДТ минимизации выбросов CO должны обеспечивать полное сгорание твердого топлива, что достижимо при хорошей конструкции печи, применении современных технологий и методов управления производственным процессом, а также при надлежащем обслуживании системы сжигания топлива.

7 Снижение уровня сбросов и применение НДТ обработки сточных вод

Крупные предприятия, на которых сжигают различные виды топлива, не только выбрасывают в атмосферу загрязняющие вещества, но и являются существенным источником сбросов в реки, озера и морскую среду, почву и недра.

Любые ливневые воды, образующиеся на поверхностях складов для хранения топлива, содержат частицы топлива, поэтому они должны быть собраны и надлежащим образом обработаны перед их сбросом в водоемы.

Применение НДТ десульфуризации с помощью мокрых скрубберов относят к сфере применения технологий очистки сточных вод. В цехах при очистке сточных вод используют различные технологии химической обработки сточных вод в целях удаления из них тяжелых металлов и сокращения количества твердых остатков перед сбрасыванием очищенных вод в водоемы. В цехах при очистке сточных вод осуществляют регулирование уровня pH, осаждение тяжелых металлов и удаление твердых остатков.

При сжигании каменных и бурых углей образуются различные потоки сточных вод. Чтобы сократить сбросы сточных вод и предотвратить загрязнение водных и иных объектов, все мероприятия, приведенные в таблице 11, можно рассматривать как применение НДТ.

Таблица 11 — Применение НДТ обработки сточных вод

НДТ	Экологический эффект	Возможность применения НДТ	
		на проектируемых предприятиях	на действующих предприятиях
Мокрая десульфуризация дымовых газов			
Обработка сточных вод методами флокуляции, седиментации, фильтрации, ионного обмена и нейтрализации	Удаление фторидов, тяжелых металлов, твердых частиц (пыли), сокращение ХПК	НДТ	НДТ
Сокращение аммиака посредством отгонки воздухом, осаждением или биохимическим разложением	Сокращение содержания аммиака	—	НДТ только в том случае, если содержание аммиака в сточных водах высокое, потому что SCR/SNCR использовалось выше по потоку, чем десульфуризация
Эксплуатация по замкнутому циклу	Уменьшение количества сброшенных сточных вод	НДТ	НДТ
Смешивание сточных вод с угольной золой	Предотвращенный сброс сточных вод	НДТ	НДТ
Промывка сточных труб и транспортирование шлаков			
Замкнутая циркуляция воды с использованием фильтрации или седиментации	Уменьшенный сброс сточных вод	НДТ	НДТ
Регенерация фильтров глубокого обессоливания и фильтров конденсатоочистки			
Нейтрализация и седиментация	Уменьшенный сброс сточных вод	НДТ	НДТ
Отстаивание			
Нейтрализация	—	НДТ только со щелочными операциями	
Промывка котлов, воздушных калориферов и отстойников			
Нейтрализация и замкнутый цикл эксплуатации или замещение на сухие методы очистки	Уменьшенный сброс сточных вод	НДТ	НДТ
Поверхностный сток			
Седиментация или химическая обработка и «внутреннее» повторное использование	Уменьшенный сброс сточных вод	НДТ	НДТ

Хранение каменных и бурых углей на укрытых поверхностях с дренажом и сбором дренажных вод рассматривают как применение НДТ. Любой поверхностный сток с поверхности складских площадок, который смывает частицы топлива, должен быть собран и обработан перед сбросом в канализацию (на рельеф местности). Сбросы, соответствующие НДТ, в очищенных сточных водах должны содержать менее 30 мг/л.

Малые количества воды, загрязненной нефтепродуктами, не должны отводиться с электростанций. Как правило, для предотвращения любого экологического вреда достаточно установления отстойников для отделения нефтепродуктов.

Применение НДТ мокрой десульфуризации дымовых газов связано с очисткой сточных вод. Установка очистки сточных вод включает в себя различные виды химической обработки для удаления тяжелых металлов и сокращения количества твердых остатков перед сбросом очищенных сточных вод в водоемы. Основные функции установки очистки сточных вод:

- регулирование pH;
- осаждение тяжелых металлов;
- удаление твердого остатка из сточных вод.

С помощью современных технологий контролируют и регулируют следующие параметры (не все эти параметры следует проверять постоянно): pH, проводимость, температуру, наличие твердое содержимого, содержание хлора, концентрации тяжелых металлов (таких, как As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), концентрацию фтора и ХПК.

Сточные воды, обрабатываемые фильтрацией и нейтрализацией после мокрой десульфуризации, нуждаются в дальнейшей обработке. Качество сточных вод после обработки их на установках очистки сточных вод меняется в зависимости от качества топлива, используемого процесса десульфуризации и способа сброса сточных вод. Уровни сбросов, связанные с использованием НДТ на установках очистки сточных вод, сведены в таблицу 12.

Таблица 12 — Уровни сбросов, связанные с применением НДТ (мокрой десульфуризации) на установке очистки сточных вод (усредненная проба за 24 ч)

Сбросы из установки очистки сточных вод, образующихся при мокрой десульфуризации	Уровни, мг/л
Твердые примеси	5—30
ХПК	Менее 150
Соединения азота	Менее 50
Сульфаты	1000—2000
Сульфиты	0,5—20
Сульфиды	Менее 0,2
Фториды	1—30
Cd	Менее 0,05
Cr	Менее 0,5
Cu	Менее 0,5
Hg	0,01—0,02
Ni	Менее 0,5
Pb	Менее 0,1
Zn	Менее 1

Рекомендации по применению НДТ предотвращения и контроля загрязнения вод приведены в таблице 13.

Таблица 13 — Рекомендации по применению НДТ предотвращения и контроля загрязнения вод

НДТ	Экологический эффект	Предприятия		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемые	Пригодные к модернизации				
Мокрые скрубберы							
Обработка сточных вод флокуляцией, седиментацией и нейтрализацией	Удаление фторидов, тяжелых металлов, ХПК и частиц	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Добавление отстоя к углю, который будет перераспределен к золе, и гипса из скруббера или повторное использование в качестве заполнителя в горнодобывающей промышленности	Специфика предприятия	Добавление отстоя к углю, который будет перераспределен к золе, и гипса из скруббера или повторное использование в качестве заполнителя в горнодобывающей промышленности оценивали от случая к случаю
Сокращение аммиака посредством отгонки паром содержащих аммиак сточных вод, осаждением или биологическим разложением	Снижение содержания аммиака	Применимо только в том случае, если содержание аммиака в сточных водах является высоким в результате использования SCR/SNCR		Высокий		Специфика предприятия	
Эксплуатация с замкнутым циклом	Сокращение сбросов сточных вод	Осуществимо	Осуществимо	Высокий		Специфика предприятия	
Смешивание сточных вод с угольной золой	Предотвращение сброса сточных вод	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Стабилизированный материал может быть использован в качестве заполнителя в открытых шахтах	Специфика предприятия	
Смыв осадков струей жидкости и транспортирование							
Замкнутая циркуляция воды посредством фильтрации и седиментации	Сокращение сброса сточных вод	Осуществимо	Осуществимо	Высокий		Специфика предприятия	
Регенерация фильтров глубокого обессоливания и фильтров конденсатоочистки							
Нейтрализация и седиментация	Сокращение сброса сточных вод	Осуществимо	Осуществимо	Высокий	Отстой, который необходимо обезвоживать, должен быть размещен надлежащим образом	Специфика предприятия	

Окончание таблицы 13

НДТ	Экологический эффект	Предприятия		Опыт эксплуатации	Воздействие на окружающую среду	Ожидаемый экономический эффект	Примечание
		Проектируемые	Пригодные к модернизации				
Нейтрализация							
Нейтрализация		Только в случае щелочного режима работы		Высокий		Специфика предприятия	
Промывка котлов, воздухоподогревателей, золоуловителей и отстойников							
Нейтрализация и эксплуатация в замкнутом цикле или методы сухой очистки	Сокращение сброса сточных вод	Осуществимо	Осуществимо	Высокий		Специфика предприятия	
Стекание ливневых стоков							
Седиментация или химическая обработка и периодическое повторное использование	Сокращение сброса сточных вод	Осуществимо	Осуществимо	Высокий		Специфика предприятия	

8 Сжигание твердого топлива совместно с отходами

На крупных предприятиях, где осуществляют сжигание различных видов топлива, сконструированных и эксплуатируемых на основе применения НДТ, применяют эффективные технологии и проводят мероприятия по удалению выбросов пыли (частично включая тяжелые металлы), SO_2, NO_X, HCl, HF и других загрязняющих веществ, а также реализуют методы, позволяющие предотвратить загрязнение почв и вод. В целом эти технологии могут быть рассмотрены как НДТ, при применении которых совместно сжигают отходы и вторичное топливо.

Большее поступление загрязняющих веществ в топочное устройство может быть сбалансировано в известных пределах посредством адаптации системы очистки отходящих газов или посредством ограничения процента вторичного топлива, которое может быть использовано для совместного сжигания.

Что касается воздействия совместного сжигания на качество остаточных фракций, основная проблема НДТ — сохранение (поддержание) качества гипса, золы, шлаков и других остатков и побочных продуктов на том же уровне, который отмечается в этих остатках в случае неиспользования вторичного топлива в целях рециркуляции. Если совместное сжигание приводит к значительному увеличению объемов побочных продуктов или остаточных фракций, которые размещают на полигонах, к дополнительному загрязнению металлами (например, Cd, Cr, Pb) или диоксинами, должны быть предприняты дополнительные меры для предотвращения этих явлений.

9 Ликвидация отходов, образующихся после сжигания твердого топлива

Большое внимание уделяют ликвидации отходов, образующихся после сжигания твердого топлива, и побочных продуктов вместо размещения их на полигонах. Поэтому ликвидация отходов путем удаления из них опасных частей или утилизация инертных частей путем повторного использования — наилучший доступный приоритетный вариант. В таблице 14 представлено большое количество различных вариантов утилизации остатков, образующихся после сжигания каменных и бурых углей, и побочных продуктов.

Таблица 14 — Примеры утилизации остатков, образующихся после сжигания каменных и бурых углей, и побочных продуктов

Остатки/побочные продукты	Зола		Шлак		Продукты процесса сорбции	Гипс
	Бурые угли	Каменные угли	Бурые угли	Каменные угли		
Добавки к бетонным смесям (без учета «Flual»)	x	x				
Легкие заполнители для бетонных смесей	x	x	x	x		
Ячеистый бетон, пористый цементобетон	x	x			x	
Бетон высокого качества с повышенной удобоукладываемостью	x	x				
Производство «Flual»	x					
Добавка в смесь в цементной промышленности	x	x				
Компонент сырьевой смеси в цементной промышленности	x	x				
Добавка к цементу для замедления схватывания цемента					x	x
Изоляционные ограждения	x	x			x	
Строительный гипс						x
Сырье для керамической промышленности	x	x	x	x	x	
Дорожное и ландшафтное строительство	x	x	x	x		
Строительство плотин с применением технологии RCC (бетон, уплотненный катком)	x	x	x	x		
Наполнитель для асфальтобетонных покрытий, связующих слоев и дополнительных слоев основания дорожной одежды	x	x				

Окончание таблицы 14

Остатки/побочные продукты	Зола		Шлак		Продукты процесса сорбции	Гипс
	Бурые угли	Каменные угли	Бурые угли	Каменные угли		
Стабилизаторы почвы, неответственные строительные материалы для земляных работ и дорожного строительства	x	x	x	x	x	
Заглушение шума		x		x	x	
Полигонные технологии, обращение с отходами	x	x	x	x		
Полигоны	x	x	x	x	x	x
Иммобилизация опасных субстанций	x	x				
Материал для обустройства полигонов (выстилки подов)	x	x			x	
Поверхностный фильтр для уплотнения полигона			x	x		
Кондиционирование осадков сточных вод					x	
Сырье для биологической очистки сточных вод			x	x		
Стабилизированная золой цементная смесь	x	x			x	
Обратная засыпка дренажных траншей	x	x			x	
Другие методы утилизации	x	x	x	x		
Использование в горнодобывающей промышленности	x	x	x		x	
Производство цеолитов	x	x				
Производство альфа- и бета-полугидратов						x
Наполнители в бумажной промышленности					x	x
Производство ангидритов					x	
Процесс Мюллера—Кюне	x	x	x	x	x	x
Термическая утилизация			x	x		
Десульфуризация отходящих газов					x	
Примечание — «x» обозначает возможность утилизации.						

Существуют десятки различных возможностей утилизации различных побочных продуктов. Каждый вариант утилизации должен отвечать определенным критериям качества золы. Критерии качества обычно связывают со структурными свойствами золы и содержанием в ней любых вредных веществ, таких как несгоревший уголь, тяжелые металлы и их соединения и т. д.

Высокоуглеродистые золы и шлаки могут снова поступать на переработку, т. е. подаваться в котел для утилизации энергии, содержащейся в углероде. Низкоуглеродистые золы и шлаки имеют ряд ограничений.

Конечный продукт мокрой десульфуризации — гипс, являющийся коммерческим продуктом для промышленности. Он может быть продан и использован в качестве вторичного материала вместо естественного гипса. Осадки после десульфуризации могут быть связаны в побочном продукте процесса десульфуризации (гипсе) в допустимых пределах. Осадки могут быть повторно введены в печь, если применяют технологии десульфуризации и SCR NO_x. На практике большую часть гипса, произведенного на ТЭС, используют в промышленности при производстве гипсокартона, штукатурки и пр. Чистота гипса ограничена количеством известняка, которое может подаваться в процесс.

Конечный продукт полусухих процессов десульфуризации используют в различных строительных целях вместо естественных полезных ископаемых, а также в дорожном строительстве, земляных работах при компостировании и складировании отходов, для заполнения шахтных колодцев, при строительстве дамб в водоупорных конструкциях.

Приложение А
(справочное)

Единовременное управление выбросами SO_X, NO_X и ртути в США

Систему обработки отходящих газов, образующихся при сжигании ископаемого топлива, одновременно улавливающую SO_X и NO_X, тяжелые металлы, включая ртуть, применяют в США [4].

Система управления выбросами, образующимися при сжигании топлива, с более высокими нормами улавливания большего количества загрязняющих веществ с образованием коммерческих побочных продуктов представляет собой процесс окисления газовой фазы для единовременного улавливания до 99 % NO_X и SO_X, а также основных паров и тяжелых металлов (100 % ртути). Степень улавливания выше 99 % для SO_X и выше 98 % для NO_X была продемонстрирована на лабораторном уровне в широком диапазоне температур отходящих газов. По данным производителей, издержки на строительство полномасштабной электростанции мощностью 500 МВт на 30 %—50 % ниже капитальных затрат и составляют 1/6 эксплуатационных затрат по сравнению с технологией «известняк/SCR NO_X». Основное применение технологии — сжигание ископаемого топлива, такого, как уголь и природный газ, для выработки электроэнергии. Также применяют в металлургии, установках сжигания муниципальных отходов, промышленных котлах.

К преимуществам системы относятся:

- высокая (до 99 %) степень единовременного улавливания SO_X и NO_X;
- улавливание тяжелых металлов;
- получение побочных коммерческих продуктов, годных к продаже на рынке;
- отказ от использования известняка/извести;
- отсутствие выбросов CO_2;
- отказ от использования катализаторов, приводящих к образованию опасных отходов;
- возможность переработки реагентов;
- использование проверенных технологий, связанных с побочными продуктами;
- возможность использования технологии при реконструкции большинства предприятий;
- более низкие капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с традиционными технологиями.

Библиография

[1] Справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Сжигание топлива на крупных промышленных предприятиях в энергетических целях. Июль 2006 г.» («European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. July 2006»)

[2] Директива 2008/1/ЕС — Директива Европейского парламента и Совета ЕС от 15 января 2008 г. «О комплексном контроле и предотвращении загрязнений окружающей среды» (Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control)

[3] Директива 2008/105/ЕС — Директива Европейского парламента и Совета ЕС от 16 декабря 2008 г. «О стандартах качества окружающей среды в области водной политики», изменяющая и впоследствии заменяющая Директивы 82/176/ЕЭС, 83/513/ЕЭС, 84/156/ЕЭС, 84/491/ЕЭС, 86/280/ЕЭС и изменяющая Директиву 2000/60/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС (Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council)

[4] Директива 76/464/ЕЭС — ДирективаСовета ЕЭС от 4 мая 1976 г. «О загрязнении водной среды Сообщества некоторыми сбрасываемыми в водную среду опасными веществами» (Council Directive 74/464/EEC of 4 May 1976 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community)

УДК 662.74:662.73:006.454 ОКС 13.020

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, каменные и бурые угли, сжигание, отходы

Редактор *Е.И. Мосур*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 07.08.2019. Подписано в печать 26.08.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,35.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru