ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54202— 2010

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ГАЗООБРАЗНЫЕ ТОПЛИВА

Наилучшие доступные технологии сжигания

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН 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» (ЗАО «ИНЭКО»)

2 ВНЕСЕН Управлением развития, информационного обеспечения и аккредитации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2010 г. № 982-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

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2011

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 . . . 1
4 Наилучшие доступные технологии на этапах сжигания газообразного топлива . . . 3
4.1 Общие положения . . . 3
4.2 Подача (поставка) и транспортирование газообразного топлива и присадок . . . 4
4.3 Перспективные технологии сжигания газообразного топлива . . . 7
4.4 Другие направления развития наилучших доступных технологий . . . 8
5 Оборудование, используемое при внедрении наилучших доступных технологий . . . 9
5.1 Традиционно применяемое оборудование . . . 9
5.2 Газовая турбина с охлаждением регенерированными газами . . . 9
5.3 Турбина, работающая на влажном воздухе . . . 9
5.4 CHAT — перспективная газотурбинная установка с каскадным увлажнением воздуха . . . 10
5.5 Установки, эксплуатируемые на морских платформах . . . 10
6 Тепловая эффективность (тепловой КПД) предприятий, на которых сжигают газообразное топливо . . . 13
6.1 Общие положения . . . 13
6.2 Уровни тепловой эффективности . . . 14
7 Загрязнение окружающей среды при сжигании газообразного топлива . . . 18
7.1 Выбросы пыли и SO_2 при сжигании газообразного топлива . . . 18
7.2 Выбросы NO_X и CO при сжигании газообразного топлива . . . 18
7.3 Загрязнение водных сред . . . 23
7.4 Отходы горения . . . 23
Приложение А (справочное) Мнения зарубежных специалистов . . . 25
Библиография . . . 27

Введение

В основу настоящего стандарта положены данные, представленные в Справочнике ЕС [1], представляющем собой руководство по применению наилучших доступных технологий (НДТ) при сжигании в энергетических целях газообразных топлив на установках крупных промышленных предприятий.

При рассмотрении выбросов/сбросов и потребления сырья и энергии, связанных с НДТ, следует понимать, что они характеризуют экологическую результативность, которую можно ожидать в результате применения НДТ с учетом баланса затрат и экологических преимуществ. Однако эти показатели выбросов/сбросов и потребления сырья и энергии не являются предельными и поэтому не должны рассматриваться в таком качестве. В некоторых случаях технически возможно улучшение показателей выбросов/сбросов или потребления сырья и энергии, но из-за затрат, связанных с их внедрением, или из-за комплексных воздействий на окружающую среду они, как считают эксперты, не являются НДТ, применимыми для отрасли в целом. Однако такие уровни могут быть оправданы в определенных случаях, т.е. там, где есть особые побудительные причины.

Там, где это возможно, совместно с описанием технологий приведены данные, касающиеся экономических показателей. Однако реальные затраты на внедрение технологии будут зависеть от определенной ситуации, например от величины налогов и платежей, технических особенностей конкретной установки. Настоящий стандарт не содержит рекомендаций по оценке этих экономических затрат. При отсутствии данных о затратах выводы об экономической целесообразности технологий должны быть сделаны на основе исследований существующих установок.

Поскольку справочники ЕС не содержат юридически обязательные нормы, они предназначены для того, чтобы дать общую руководящую информацию для отраслей промышленности, государств — членов ЕС и общественности о выбросах/сбросах и потреблении сырья и энергии, 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 газообразных топлив в энергетических целях на крупных промышленных предприятиях.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ
ГАЗООБРАЗНЫЕ ТОПЛИВА

Наилучшие доступные технологии сжигания

Resources conservation. Gaseous fuel. Best available techniques in gaseous fuel combustion

Дата введения — 2012—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает НДТ энергоэффективного и экобезопасного сжигания газообразных топлив в энергетических целях (далее — сжигание газообразного топлива).

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

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р ИСО 9000—2008 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

ГОСТ Р ИСО 14050—2009 Менеджмент окружающей среды. Словарь

ГОСТ Р 51387—99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения

ГОСТ 30772—2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения

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 ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

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

Издание официальное

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 относят, как правило, малоотходные и безотходные технологии.

8 Как правило, НДТ вносят в государственный реестр НДТ.

[ГОСТ Р 54097—2010, пункт 3.1]

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

[ГОСТ Р 51750, пункт 3.1.6]

Примечания

1 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.

2 Существуют способы использования топлива для прямого получения электроэнергии, например путем прямого преобразования топлива в электроэнергию на базе топливных элементов (ТЭ).

3.1.3 **выброс:** Кратковременное или происшедшее за определенное время поступление в окружающую воздушную среду любых газопылевых загрязнений.

Примечания

1 Термин «выброс» объединяет различные загрязнения, поступающие от отдельных или групповых объектов и (или) субъектов природной, например вулканической, и (или) техногенной деятельности, с попаданием в биосферу любых загрязняющих веществ и материалов в газопылевом виде, которые ликвидируются, подлежат ликвидации, включая утилизацию и (или) удаление (с уничтожением или захоронением опасных частей), в соответствии с положениями национального законодательства.

2 Выброс представляет собой поступление в окружающую воздушную среду любых загрязнений, возникших в результате жизнедеятельности человека (людей), деятельности предприятия или группы предприятий в течение короткого периода времени или за определенный установленный период (час, сутки).

3 Различают следующие выбросы: выброс из отдельного источника, суммарный выброс на площади населенного пункта, региона, государства или группы государств, планеты в целом.

3.2 В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

ГРП — газорегуляторные пункты;

ГРЭС — государственная районная электрическая станция (тепловая конденсационная электростанция, производящая только электрическую энергию)

ГТУ — газотурбинная установка;

ДГА — детандер-генераторный агрегат;

КПД — коэффициент полезного действия;

КЭС — тепловые конденсационные электрические станции;

ПГУ — парогазовая установка;

ПСУ — паросинтезгазовая установка;

СКВ — селективное каталитическое восстановление NO_X;

СНКВ — селективное некаталитическое восстановление NO_X;

ССКП — суперсверхкритические параметры (пара);

ТНУ — теплонасосная установка;

ТЭ — топливный элемент;

ТЭС — тепловая электрическая станция;

ТЭЦ — теплоэлектроцентраль;

CCGT — комбинированный парогазовый цикл газовой турбины *(в отличие от простого цикла), являющийся английским вариантом ПГУ;*

CHAT — перспективная газотурбинная установка с каскадным увлажнением воздуха;

CHP — комбинированное производство тепловой и электрической энергии;

DLN — камера сгорания с низким сухим выбросом оксидов азота;

EMS — система экологического менеджмента;

FGT — обработка отходящих газов;

NMVOC — неметановые летучие органические соединения;

NO_X — общее обозначение оксида азота NO_2 и диоксида азота NO_2;

NO_XRED — сокращенный выброс NO_X;

PEMS — параметрическая система контроля выбросов;

TOPHAT — турбина, работающая на влажном воздухе, где воздух подается в компрессор.

4 Наилучшие доступные технологии на этапах сжигания газообразного топлива

4.1 Общие положения

Технологии сжигания газообразного топлива, связанные с этим показатели выбросов/сбросов и потребления сырья, энергии или диапазоны показателей, представленные в настоящем стандарте, оценивали с помощью метода последовательных приближений, включающего в себя следующие этапы:

- идентификацию ключевых экологических проблем для сектора, в котором образуются выбросы в атмосферу, сбросы в воду, остатки после сжигания, производят тепловую энергию;
- экспертизу технологий, наиболее приемлемых для решения технических и ключевых экологических проблем;
- идентификацию наилучшего уровня экологической результативности на основе регламентирующих документов Европейского союза [1—4];
- экспертизу условий, при которых достигались эти уровни результативности, такие как затраты, воздействие на окружающую среду, основные побудительные мотивы для внедрения НДТ;
- отбор НДТ и связанных с ними показателей выбросов/сбросов и потребления сырья и энергии для промышленной отрасли в целом в соответствии со Статьей 2 (11) и Приложением IV Директивы [2].

Показатели выбросов/сбросов и потребления сырья и энергии, связанные с использованием НДТ, следует рассматривать вместе с другими специальными условиями (например, периодами усреднения).

Если показатели потребления сырья и энергии описаны как достижимые при использовании конкретной технологии или комбинации технологий, то это означает, что они могут быть достигнуты по истечении существенного периода времени на правильно эксплуатируемой и технически обслуживаемой установке или в процессе, в котором используют эти технологии.

В настоящем стандарте представлены технологии и мероприятия, которые рассматривают как НДТ, применяемые для предотвращения или сокращения выбросов, образующихся при сжигании газо-

образного топлива, и для повышения тепловой эффективности. Все эти технологии коммерциализированы.

Настоящий стандарт устанавливает НДТ, которые целесообразно применять при оценке текущей работы существующей установки или при оценке новой (проектируемой) установки по сжиганию газообразного топлива.

НДТ, представленные в настоящем стандарте, являются ориентиром при модернизации существующей установки или намерении пробрести новую установку.

Следует предусматривать, что могут быть разработаны новые установки, которые будут соответствовать общей НДТ или окажутся эффективнее ее. Также предполагается, что на существующих установках можно достичь уровня НДТ или добиться большего успеха в каждом конкретном случае.

Таким образом, эти ориентиры помогут при определении соответствующих условий для установки, основанной на НДТ, или при установлении общих обязательных правил согласно Статье 9 (8) Директивы 2008/1/ЕС [2]. Следует иметь в виду, что могут быть разработаны новые установки для достижения представленных здесь показателей НДТ. Необходимо учитывать, что существующие установки могут приближаться к общим показателям НДТ или превосходить их, что обусловлено технической и экономической применимостью технологий в каждом конкретном случае.

Поскольку справочники ЕС по НДТ не устанавливают юридически обязательные нормы, они предназначены для обеспечения представителей промышленности, государств — членов ЕС и общественности справочной информацией о достижимых показателях выбросов/сбросов и потреблении при использовании конкретных технологий. Соответствующие предельные показатели для любого конкретного случая следует определять с учетом целей Директивы 2008/1/ЕС [2] и местных условий.

4.2 Подача (поставка) и транспортирование газообразного топлива и присадок

НДТ предотвращения выбросов/сбросов, связанных с подачей (поставкой) и транспортированием газообразного топлива, а также с хранением и транспортированием присадок, например таких, как аммиак и т.д., сведены в таблицы 1 и 2.

Таблица 1 — НДТ подачи (поставки) и транспортирования газообразного топлива и присадок

Материал	Воздействие на окружающую среду	НДТ
Природный газ	Летучие выбросы	Использование систем обнаружения утечек газообразного топлива и механизмов автоматической сигнализации
	Эффективное использование природных ресурсов	Использование турбины дросселирования для утилизации запаса энергии (энергосодержания) газообразного топлива, подаваемого под давлением. Предварительное нагревание газообразного топлива посредством использования газов, отходящих от котла или газовой турбины
Примечание — Могут быть использованы другие газообразные топлива, например синтез-газ — продукт газификации твердых топлив, биогаз, получаемый из отходов, а также уголь и твердые топлива, где проблема выбора НДТ стоит особенно остро.		
Беспримесный жидкий аммиак (если используется)	Риск для безопасности и здоровья людей, связанный с аммиаком	Напорные резервуары для беспримесного жидкого аммиака вместимостью свыше 100 $м^3$, используемые для транспортирования и хранения беспримесного жидкого аммиака, должны быть сконструированы с двойными стенками и располагаться под землей. Резервуары вместимостью 100 $м^3$ и менее должны быть изготовлены с использованием процесса отжига. С точки зрения безопасности использование водно-аммиачного раствора менее опасно, чем использование беспримесного жидкого аммиака

Таблица 2 — НДТ для подачи (поставки) и обработки газообразного топлива и присадок

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
Использование турбодетандера для утилизации (использования) газа, поставляемого под давлением с помощью газопроводов	Более эффективное использование энергии	Возможно	Возможно	Высокий	Нет	Нет данных	
Предварительное нагревание газообразного топлива путем утилизации (использования) энергосодержания отходящих газов							
Регулярный контроль мощностей для подачи газа и трубопроводов	Уменьшение риска угрозы возникновения пожара						
Герметичные поверхности с дренажными системами (включая нефтяные сепараторы для предотвращения загрязнения почв и грунтовых вод в результате использования смазочных масел)	Предотвращение загрязнения почв и грунтовых вод	Возможно	Возможно	Высокий	Нет	Затраты на обработку сточных вод	Собранные дренажные воды необходимо обрабатывать в прудах-отстойниках
В случае СКВ хранение аммиака в виде водно-аммиачного раствора	Более высокая безопасность	Возможно	Возможно	Высокий	Меньше риска, чем при хранении сжиженного аммиака под давлением	Нет данных	

4.2.1 Применение ДГА при использовании технологического перепада давлений транспортируемого природного газа

В США, странах Западной Европы и Юго-Восточной Азии получили распространение детандер-генераторные агрегаты (ДГА) — установки, позволяющие вырабатывать электроэнергию, а в некоторых случаях также теплоту и холод посредством использования технологического перепада давлений транспортируемого природного газа. На сегодняшний день насчитывается более 200 установок единичной мощностью от 250 до 7000 кВт.

Первый опыт эксплуатации такого рода агрегатов в России получен на установке, состоящей из двух агрегатов ДГА-5000 общей мощностью 10 МВт (два агрегата по 5 МВт каждый) и более 10 лет успешно работающей на ТЭЦ-21 ОАО «Мосэнерго». Установка номинальной мощностью 11,5 МВт введена в эксплуатацию на Среднеуральской ГРЭС. Несколько агрегатов работают на электростанциях Республики Беларусь, в том числе на Лукомльской ГРЭС.

4.2.2 Физические основы и оценка эффективности работы ДГА

Как известно, подземный пласт природного газа характеризуется высоким давлением, которое используют для транспортирования природного газа по магистральным трубопроводам на значительные расстояния к месту потребления. При сжигании газа в промышленности или в быту его давление должно быть значительно снижено по сравнению с давлением в магистральных трубопроводах. Это снижение осуществляют обычно путем дросселирования.

ДГА представляет собой устройство, в котором энергия потока транспортируемого природного газа преобразуется сначала (с потерей давления и температуры) в механическую энергию в детандере, а затем в электрическую энергию в генераторе. Существует также принципиальная возможность полезного использования холода, образующегося в результате расширения потока газа в детандере, а также получения тепла.

Таким образом, если природный газ после ДГА сразу направляется на сжигание, эффективность использования ДГА для получения электроэнергии необходимо определять с учетом того, как он повлияет на технико-экономические показатели, в частности на расход топлива всей установки в целом, включая газоиспользующее оборудование, по сравнению с тем случаем, когда снижение давления газа происходило путем дросселирования потока.

При определении эффективности работы ДГА, когда нельзя не учитывать его влияние на показатели работы основного оборудования, следует выделять два варианта его использования:

1) на предприятии, производящем электроэнергию;

2) на предприятии, не производящем электроэнергию.

К первым относятся все тепловые электрические станции (КЭС и ТЭС), топливом для которых является газ, ко вторым — все остальные потребители газа как топлива, имеющие свои ГРП: отопительные и промышленные котельные, заводы цветной и черной металлургии, заводы химической промышленности и т.п. Использование ДГА на электростанциях позволяет либо увеличить располагаемую мощность (следовательно, и производство электроэнергии на ТЭС), либо, оставляя общую выработку ТЭС постоянной, производить часть электроэнергии на ДГА с повышенной по сравнению с паротурбинными установками эффективностью, снижая производство электроэнергии на паротурбинном оборудовании. Первый из рассмотренных вариантов характерен для дефицитных энергосистем.

В обоих случаях эффективность использования ДГА на ТЭС может быть определена по изменению либо КПД электростанции по производству электроэнергии, либо удельного расхода тепла на выработку электроэнергии, либо удельного расхода условного топлива на выработку электроэнергии после включения ДГА. При этом показатели должны отражать работу всей ТЭС в целом.

4.2.3 Включение ДГА в тепловые схемы электростанций

Существуют несколько основных схем использования ДГА на электростанциях. В настоящем стандарте рассмотрены случаи, когда газ подогревается только перед ДГА, включенным в тепловую схему ТЭЦ.

4.2.4 Электростанции конденсационного типа

Греющей средой в ДГА является пар одного из теплофикационных отборов пара из турбины.

Возможны различные варианты использования ДГА на электростанциях с турбинами конденсационного типа, зависящие от режима работы КЭС, а также от режима работы энергосистемы, в которую она входит. В настоящем стандарте описаны два наиболее важных из них.

В первом варианте после включения ДГА в тепловую схему электрическая мощность КЭС остается неизменной. Для этого мощность паровых турбин после включения ДГА должна быть снижена на величину дополнительной мощности, выработанной ДГА, за счет изменения расхода пара на турбины

и соответственного изменения расхода топлива в котлах. Такой вариант использования ДГА характерен для электростанций, работающих в энергосистемах с избыточной мощностью.

Во втором варианте ДГА включается в тепловую схему КЭС при постоянном (номинальном) расходе пара на турбины. Такой режим использования ДГА характерен для электростанций и энергосистем, работающих с дефицитом электрической мощности. При этом произойдет снижение выработки электрической энергии за счет сокращения расхода пара через отсеки турбины, расположенные ниже места отбора. Однако при этом ДГА будет вырабатывать дополнительную электрическую энергию. Изменение общей выработки электростанции будет положительным, если дополнительная электроэнергия, выработанная ДГА, превысит потери выработки паротурбинной установки.

Расчеты, проведенные для энергоблоков с турбинами К-300-240, показывают, что при включении ДГА в тепловую схему энергоблока удельный расход условного топлива на производство электроэнергии может быть снижен примерно на 2—3 г/(кВт · ч).

4.2.5 Теплоэлектроцентрали

Греющей средой в теплообменнике подогрева газообразного топлива является прямая сетевая вода ТЭЦ.

После теплообменника подогрева газообразного топлива прямая сетевая вода направляется в трубопровод обратной сетевой воды. Для обеспечения постоянства тепловой нагрузки ТЭЦ, а также для соблюдения температурного графика в этом случае необходимо либо подавать дополнительное количество пара в голову турбины, либо изменять положение диафрагмы.

Согласно проведенным расчетам увеличение КПД ТЭЦ по выработке электроэнергии при включении ДГА в ее тепловую схему сильно зависит от того, по какому графику (тепловой или электрической нагрузки) работает ТЭЦ, и может составить 0,5 % — 0,8 %.

4.2.6 Парогазовые установки

Для повышения экономичности выработки электроэнергии и теплоты в настоящее время рассматривают различные варианты использования парогазовой технологии. При этом предполагается как использование ПГУ в качестве исходных элементов ТЭС, так и применение парогазовой технологии для модернизации существующих энергоблоков путем надстройки их ГТУ. Эффективность некоторых вариантов схем ПГУ может быть повышена за счет включения в их состав ДГА. Такими могут быть схемы, в которых в топку котла не только подводится тепло дымовых газов ГТУ, но и дополнительно сжигается газообразное топливо.

Эти схемы могут быть использованы также при модернизации существующих энергоблоков. В данном варианте часть газообразного топлива поступает в ГТУ, а часть — через редуцирующее устройство в котел. Установка параллельно редуцирующему устройству ДГА позволит выработать дополнительное количество электроэнергии и повысить эффективность установки в целом. Очевидно, что доли утилизируемого тепла в общем подведенном тепле могут быть различными у различных вариантов схем, и соответственно различными будут расходы газообразного топлива, проходящего через ДГА, и мощности детандера.

4.2.7 Использование теплового насоса для подогрева газообразного топлива перед детандером

Предложенная схема позволяет установке работать и в автономном режиме при наличии только низкопотенциального источника тепла. Принцип работы такой установки описан в [5].

Газ высокого давления по трубопроводу поступает в теплообменник, греющей средой в котором служит низкокипящая жидкость контура ТНУ, направляемая в теплообменник компрессором, вращаемым электродвигателем. Низкокипящая жидкость, отдав тепло в теплообменнике, расширяется в дроссельном вентиле, после чего поступает в испаритель, где испаряется за счет низкопотенциального тепла и подается во входной патрубок компрессора. Нагретый в теплообменнике газ высокого давления поступает в детандер. После совершения механической работы и расширения в детандере газ поступает по трубопроводу низкого давления для дальнейшего использования, а механическая работа газа, полученная в детандере, преобразуется в электрическую энергию в электрогенераторе. Часть полученной в электрогенераторе электрической энергии используется для приведения в действие электродвигателя компрессора. Избыток электроэнергии, выработанной электрогенератором, может быть использован для электроснабжения внешних потребителей.

4.3 Перспективные технологии сжигания газообразного топлива

4.3.1 Каталитическое горение (беспламенное горение)

Каталитическое горение — горение топлива без пламени.

Этот процесс дает то же самое количество энергии, что и системы горения, в которых используется пламя, но при более низкой пиковой температуре, находящейся ниже порога, на котором формиру-

ются NO_X. Это достигается посредством горения на каталитической поверхности, изготовленной на основе палладия. Поскольку температурный диапазон, в котором катализатор является активным, ограничен как нижним пределом (недостаточная активность), так и верхним пределом (деградация), процесс сгорания состоит из трех стадий:

- предварительное горение в интегрированной камере предварительного горения повышает температуру поступающей смеси газ/воздух до уровня, требуемого для того, чтобы катализатор стал активным. Это применяется главным образом в условиях низких нагрузок. Обычно в камере предварительного горения используется только малая часть топлива;
- каталитическое горение происходит при относительно низких температурах, предотвращая таким образом формирование NO_X. Но здесь сжигается не все топливо, поскольку это может слишком высоко поднять температуру катализатора, что приведет к его повреждению. Технология каталитического горения является наиболее перспективной, однако информация, предоставленная изготовителями, базируется в основном на демонстрационных образцах. Каталитическое горение было достигнуто только на экспериментальной газовой турбине мощностью 1,5 МВт. Применение технологии каталитического горения на газовой турбине мощностью 170 МВт находится в стадии развития. При использовании этой технологии уровни NO_X будут составлять, как ожидается, менее 10 мг/нм^3;
- горение однородной смеси (оставшаяся часть топлива сжигается в условиях бедной топливной смеси). Исключается неустойчивость пламени, поскольку температура входного отверстия этой зоны довольно высокая из-за предшествующего процесса каталитического горения.

4.3.2 Охлаждение паром

Другой перспективной разработкой в области газовых турбин является охлаждение паром вместо охлаждения воздухом. Обычно воздух, извлекаемый из газовой турбины компрессором, используют для охлаждения вала и лопаток турбины.

Количество охлаждающего воздуха составляет до 20 % — 25 % потока воздуха из компрессора. Извлеченный воздух недоступен для процесса горения, а также теряет давление во время протекания через узкие каналы в лопатках турбины, что приводит к снижению эффективности газотурбинного процесса. Эти недостатки устраняют использованием пара вместо сжатого воздуха. Охлаждение паром эффективнее охлаждения воздухом.

В турбинах, упомянутых выше, используют закрытую систему охлаждения паром. Пар охлаждает горячие детали, такие как лопатки турбины, переходные элементы и др. Используемый пар не смешивается с основным потоком газа, идущим через турбину (как в открытой системе), а направляется назад к паровой системе, где он может расширяться как пар, возвращаемый из турбины для вторичного перегрева. Пар для охлаждения извлекают из сопла паровой турбины высокого давления. Пар повторно нагревают до температуры промежуточного перегрева, затем смешивают с паром промежуточного перегрева из котла-утилизатора и направляют в часть среднего давления турбины для дальнейшего расширения. Охлаждающий пар не затрагивает главный поток, проходящий через газовую турбину. При этом должно быть исключено потребление воды.

При использовании охлаждения паром температура входного отверстия турбины увеличивается без какого бы ни было увеличения температуры сгорания. В результате повышения эффективности достигают без увеличения выбросов NO_X. Охлаждение паром вместо охлаждения воздухом значительно сокращает количество воздуха, забираемого из компрессора, и таким образом снижает потребление энергии компрессором, что также приводит к повышению общего КПД газовой турбины. С этой новой технологией охлаждения может быть достигнуто повышение эффективности парогазового цикла на 2 %, и можно ожидать КПД, равный 60 %.

4.3.3 Процесс с использованием турбины ТОРНАТ

В этом процессе воздух увлажняется на входе в компрессор посредством впрыскивания воды. Впрыскивание также возможно после каждой ступени компрессора. Это повышает КПД газовой турбины до 55 % при температуре на входном отверстии, равной 1200 °С, что является самым высоким показателем КПД для циклов, описанных ранее. Дальнейшее развитие процесса с использованием турбины ТОРНАТ возможно при вводе воды между различными ступенями компрессора, поэтому вода должна быть нагрета под давлением. Для нагревания впрыскиваемой воды используют высокую температуру отходящих газов.

4.4 Другие направления развития наилучших доступных технологий

Некоторые другие потенциально важные направления развития включают в себя:

- улучшение материалов и оптимизацию охлаждения для температуры входного отверстия, равной 1500 °С для газовых турбин и 1700 °С для аэродинамически связанных силовых ГТУ;
- сокращение количества сжатого воздуха, используемого для среды охлаждения;
- охлаждение лопаток с помощью внешнего потока охлаждения (водой или паром);
- использование монокристаллических лопаток (в перспективе);
- улучшение температурного поля на входе в турбину.

5 Оборудование, используемое при внедрении наилучших доступных технологий

5.1 Традиционно применяемое оборудование

Наиболее доступны современные дизельные двигатели с электронным впрыском топлива под высоким давлением. Кроме того, были разработаны оптимизированные камеры сгорания, что может привести к повышению экономии топлива, уменьшению выбросов NO_X и других газообразных выбросов, сокращению образования дыма, особенно во время пуска. По возможности оборудование способствует минимизации выбросов, таких как SO_2 и NO_X. Чтобы уменьшить воздействие на окружающую среду морских газотурбинных двигателей, в качестве сегментов НДТ рассматривают следующие мероприятия:

- для новых двигателей — выбор дизелей, которые могут достигать как высокого теплового КПД, так и низкого спектра выбросов/сбросов;
- обеспечение поставки из верхней точки процесса, что может дать минимальные выбросы, например, SO_2 там, где технологический газ используют в качестве топлива;
- для больших дизелей следует учитывать заправку газом с факельным маслом для воспламенения;
- оптимизация выбора времени впрыска;
- эксплуатация мультигенератора или компрессора в тех точках подключения нагрузки, которые минимизируют загрязнение;
- оптимизация программ технического обслуживания и ремонта.

В настоящее время для многих газовых отопительных агрегатов и котлов доступны малотоксичные горелки (горелки с низким выходом NO_X). Они являются НДТ минимизации выбросов NO_X, хотя их эффективность следует оценивать вместе с потреблением топлива.

Используют и другие мероприятия по повышению энергоэффективности морских газотурбинных установок с одновременным снижением выбросов/сбросов, например такие, как комбинированное производство тепловой и электрической энергии, которые рассматривают в качестве НДТ. Технологии, которые помогают оптимизации использования оборудования, например основанные на применении методов производственного контроля, также относят к НДТ. В этом случае газовая турбина является базовой, и используют прогнозирующее программное обеспечение для расчета выбросов/сбросов. Это программное обеспечение может также быть использовано для ориентации персонала на эксплуатационный оптимум для простых турбин и мультитурбин. Такие системы могут помочь персоналу более эффективно управлять всей системой сгорания.

Другая технология, такая как PEMS, является НДТ для проектируемых и действующих установок сжигания, эксплуатирующихся на расстоянии от берега. Система предлагает экономически эффективные решения для контроля и расчета выбросов/сбросов. Кроме того, ее также можно использовать для оптимизации процессов сгорания и регламента технического обслуживания газовых турбин.

5.2 Газовая турбина с охлаждением регенерированными газами

Большая часть энергии, произведенной турбиной, должна приводить в действие компрессор. Способ повышения эффективности газовой турбины состоит в том, чтобы уменьшить работу, затрачиваемую на сжатие газа в компрессоре, охлаждая поток воздуха, идущий через компрессор. Энергия компрессора пропорциональна объему потока. Теоретически охлаждение после каждой ступени компрессора должно давать значительное сокращение работы, затрачиваемой на сжатие газа в компрессоре, однако на практике выполнимо только ограниченные количества стадий охлаждения.

Если температура выходящего из турбины газа выше температуры воздуха на выходе компрессора, то можно часть тепла отходящего газа передать к воздуху на выходе из компрессора. Это повысит КПД газовой турбины, потому что потребуется меньше топлива для нагрева газа до температуры, требуемой на входном отверстии турбины. Этот вид регенерации может быть использован главным образом для газовых турбин с умеренной степенью сжатия газа в компрессоре или для газовых турбин с компрессорами, имеющими охлаждение.

КПД проектов, включающих в себя применение регенерации, и компрессоров, имеющих охлаждение, может достигать 54 % при температуре на входном отверстии турбины, равной 1200 °С.

5.3 Турбина, работающая на влажном воздухе

В турбине, работающей на влажном воздухе, увлажнение сжатого воздуха после воздушного компрессора позволяет уменьшать температуру сжатого воздуха. В цикле турбины, работающей на влажном воздухе, весь воздух насыщается водяным паром, что позволяет утилизировать потерянное тепло из охладителя компрессора и из отходящих газов турбины.

С помощью этого цикла можно использовать большее количество регенерированного тепла из отходящих газов по сравнению с процессом промежуточного охлаждения и регенерации. Трудность

реализации этого цикла состоит в том, что стандартные газовые турбины нельзя использовать для этого процесса, потому что массовый расход через турбину очень высок из-за насыщения водой полного объема всего воздуха компрессора. Высокое содержание водяного пара в воздухе для горения также может создать проблемы для горелок, хотя при использовании этого процесса более низкая критическая степень сжатия компрессора приводит к более высокому КПД. Достигается КПД, равный приблизительно 53 % при температуре на входном отверстии турбины, равной 1200 °С.

5.4 CHAT — перспективная газотурбинная установка с каскадным увлажнением воздуха

Перспективная газотурбинная установка с каскадным увлажнением воздуха позволяет использовать низкое и высокое давления газа на отдельных валах (осях) газовой турбины. Она состоит из уже используемых в промышленности компрессоров и турбин, что позволяет увеличить массовый поток через турбины за счет насыщенности водой. Цикл включает в себя промежуточное охлаждение между отдельными компрессорами, а также повторное нагревание отходящего газа между отдельными турбинами.

5.5 Установки, эксплуатируемые на морских платформах

Эксплуатация энергетических установок на участках континентального шельфа — более сложная и опасная для окружающей среды задача, чем эксплуатация береговых электростанций. Кроме того, здесь особое значение имеют габаритные размеры и масса оборудования. Поэтому здесь такие технологии, как впрыскивание воды и пара, требующее наличия высококачественной установки для очистки сточных вод, или СКВ с дополнительным хранилищем для аммиака, не рассматривают в качестве НДТ сокращения выбросов NO_X.

Вообще для новых и проектируемых газовых турбин, которые эксплуатируют или планируют эксплуатировать на морских платформах, сокращение выбросов NO_X посредством использования первичных мероприятий, таких как DLN, рассматривают в качестве НДТ, если эти технологии доступны. Связанный с НДТ уровень выбросов NO_X при использовании DLN на газовых турбинах ниже 50 мг/нм^3. Поскольку стабильность пламени необходимо поддерживать во всем диапазоне эксплуатационных режимов, то, возможно, нерационально поддерживать ступенчатое сжигание на низких нагрузках, например при пуске и работе с частичной нагрузкой. В эти периоды формирование NO_X не уменьшается, и, следовательно, частота возникновения и продолжительность таких периодов должны быть минимизированы.

Реконструкция действующих газовых турбин на морских платформах — значительно более дорогостоящий процесс по сравнению с реконструкцией наземных газовых турбин. Возможность перехода на DLN-технологию на действующих морских газовых турбинах ограничена высокими затратами и недостатком места для новых топливопроводов или камер сгорания. Для ГТУ на базе аэродинамического двигателя, часто используемых на участках континентального шельфа, переход на DLN-технологию значительно сложнее, чем для промышленных ГТУ, так как приходится менять весь блок камеры сгорания, и из-за большего внешнего диаметра блока камеры сгорания при DLN-технологии газовая турбина смещается по осевой линии. Поэтому техническое перевооружение будет зависеть от типа турбины, сложности работ, срока эксплуатации и т.д. Для действующих установок уровень НДТ следует определять в индивидуальном порядке.

Для уменьшения воздействия морских газовых турбин на окружающую среду в качестве сегментов НДТ рассматривают следующие мероприятия:

- выбор турбин, которые могут достигать как высокого теплового КПД, так и низкого спектра выбросов/сбросов, для новых установок;
- использование двухтопливных турбин только в тех случаях, если это необходимо с точки зрения эксплуатации;
- минимизация вращающегося резерва;
- обеспечение поставки газообразного топлива из верхней точки процесса, что предполагает минимальный диапазон параметров горения газообразного топлива, например калорийности;
- обеспечение поставки газообразного топлива из верхнего бортового строения и газового процесса, который предполагает минимальные концентрации соединений серы в целях минимизации образования SO_2;
- эксплуатация мультигенератора или компрессора в точках подключения нагрузки, минимизирующих загрязнение;
- оптимизация программ технического обслуживания и ремонта;
- оптимизация и поддержание в рабочем состоянии систем впуска и выхлопа, что поддерживает падение давления настолько низко, насколько возможно;
- оптимизация процесса для минимизации количества потребляемой энергии и загрязнений;
- утилизация тепла отработанных газов газовой турбины в целях теплообеспечения платформы.

Технологии, рассматриваемые при определении НДТ для прибрежных сооружений, представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Технологии, рассматриваемые при определении НДТ для прибрежных сооружений

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
CHP	Повышенная эффективность	Возможно	Ограничено	Ограничен			Комбинированное производство тепловой и электрической энергии является также применимым для сооружения морских платформ, но должно быть доступным требуемое пространство, и должна быть принята во внимание дополнительная масса
Комбинированное производство энергии от нескольких месторождений или платформ	Более эффективное использование оборудования для производства энергии, одновременно сокращающее количество выбросов	Очень сильно зависит от конкретного положения морской платформы и месторождения		Ограничен		Большие капитальные затраты	
Оптимизация энергопотребляющего оборудования	Меньшее потребление энергии означает меньшее количество выбросов	Возможно	Возможно	Высокий			
Моделирование параметров	Оптимизация процесса эксплуатации турбины, одновременно сокращающее количество выбросов	Возможно	Возможно	Высокий			
Непосредственный впрыск пара	Сокращение выбросов NO_X	Возможно	Возможно				Вода должна подаваться в качестве питательной воды для котлов, подаваемой под давлением, а такое качество и количество обычно недоступно для прибрежных и морских сооружений
Непосредственный впрыск воды	Сокращение выбросов NO_X	Возможно	Возможно				
NO_XRED-газовых турбин	Сокращение выбросов NO_X	Возможно	Возможно				
PEMS	Улучшенный мониторинг выбросов	Возможно	Возможно	Высокий			

Окончание таблицы 3

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
Cheng-цикл с впрыском пара, когда тепло отходящих газов из газовых турбин используется для производства пара на том же уровне давления, что и в газовой турбине	Одновременное сокращение выбросов NO_X и повышение эффективности						
Камера сгорания с малотоксичной горелкой (DLN)	Сокращение выбросов NO_X	Стандартная технология для новых газовых турбин	Возможно, доступно в качестве пакета мероприятий при реконструкции, но не для всех типов турбин	DLN редко применяется для газовых турбин, эксплуатируемых в море			Технологии DLN чаще применяют на механических двигателях. Это объясняется тем, что 44 % газовых турбин, эксплуатируемых на море и в прибрежной зоне для выработки электроэнергии, — турбины двухтопливного типа
Концепция экономичного двигателя	Сокращение выбросов NO_X	Возможно	Невозможно	Высокий	«Проскок» аммиака	Специфика предприятия	
СКВ	Сокращение выбросов NO_X						Вследствие площади (габаритов) и массы таких систем, а также частично вследствие проблем, связанных со здоровьем людей и их безопасностью при хранении и манипулировании с аммиаком на морских платформах, эти технологии нельзя применять и рассматривать в настоящее время как вариант для прибрежных и морских сооружений
Cheng-цикл с впрыском пара, когда тепло отходящих газов из газовых турбин используется для производства пара на том же уровне давления, что и в газовой турбине	Одновременное сокращение выбросов NO_X и повышение эффективности	Возможно					

6 Тепловая эффективность (тепловой КПД) предприятий, на которых сжигают газообразное топливо

6.1 Общие положения

Для сокращения выбросов парниковых газов, в частности CO_2, образующихся при сжигании газообразного топлива на таких установках, как газовые турбины, газовые двигатели и газовые котлы, в качестве НДТ выступают технологии повышения тепловой эффективности установки и соответствующие эксплуатационные мероприятия.

Вторичные мероприятия, например улавливание и удаление CO_2, пока находятся на ранней стадии развития. Эти перспективные технологии могут стать доступными в будущем, но в настоящее время их нельзя рассматривать в качестве НДТ.

Энергоэффективность рассматривают как удельный расход тепла на 1 кВт · ч электроэнергии (отношение энергии подаваемого топлива к энергии на границе выхода из электростанции) и как энергоэффективность электростанции, которая здесь является обратной величиной удельного расхода тепла, т. е. представляет собой отношение произведенной энергии к энергии подаваемого топлива. Энергию топлива измеряют как удельную теплоту сгорания.

Для предприятий, на которых сжигают газообразное топливо, комбинированный газотурбинный цикл и СНР — с технической точки зрения самые эффективные средства повышения энергоэффективности использования топлива системой энергоснабжения. Поэтому в качестве первого варианта НДТ следует рассматривать комбинированный циклический режим и комбинированное производство тепловой и электрической энергии, т. е. во всех случаях, когда местный спрос на тепловую энергию является достаточно высоким для строительства такой системы. Использование современных автоматизированных систем управления и контроля для достижения высоких эксплуатационных качеств котлов с улучшенными условиями сжигания, которые обеспечивают сокращение выбросов/сбросов, также рассматривают в качестве НДТ.

Повышение энергоэффективности может также быть достигнуто посредством предварительного подогревания природного газа перед его подачей в камеры сгорания или к горелкам. Тепло может быть получено из низкотемпературных источников, таких как отходящие газы, образующиеся при охлаждении других процессов регенерации.

Электростанции с газовыми двигателями удовлетворяют как требованиям СНР, так и требованиям высоких базовых нагрузок. НДТ, связанные с общей эффективностью, находятся в пределах 60 % — 70 % для производства тепла под низким давлением. При дожигании топлива, например в ПГУ (т.е. когда содержание кислорода в отходящих от двигателя газах действует в качестве основного воздуха, поступающего в зону горения), может быть эффективно произведено большое количество пара низкого или высокого давления. В производстве горячей воды (на выходе с типичными температурами в диапазоне 80 °С — 120 °С) общая эффективность использования топлива до 90 % при использовании газообразного топлива может быть расценена как НДТ, хотя это в значительной степени зависит от блока охлаждения двигателя. Горячая вода с температурой до 200 °С может быть произведена посредством утилизации энергии отходящих газов и частично энергии, используемой для охлаждения двигателя. Другое преимущество — высокая тепловая эффективность двигателей (т.е. низкое потребление топлива и, следовательно, низкие выбросы CO_2). Электрическая эффективность НДТ (в терминалах генераторов переменного тока) варьируется в пределах от 40 % до 45 % (в зависимости от габаритов двигателя), и ее рассчитывают по низшей теплоте сгорания топлива.

Для существующих заводов в целях повышения тепловой эффективности могут быть применены многие технологии модернизации и реконструкции. В качестве вариантов НДТ следует учитывать технические мероприятия, направленные на повышение эффективности существующих заводов. Посредством применения технологий и мероприятий по повышению тепловой эффективности, например двойного промежуточного перегрева пара и использования современных жаропрочных материалов для изготовления газовых турбин и котлов, может быть достигнута энергоэффективность, соответствующая уровню НДТ.

Кроме того, для повышения энергоэффективности также должны быть приняты во внимание следующие факторы:

- минимизация потерь тепла при сжигании из-за несгоревших газов;
- максимально возможное давление и температура рабочей среды газа или пара;
- максимально возможное понижение давления на стороне низкого давления паровой турбины, вплоть до самой низкой температуры охлаждающей воды (охлаждение пресной водой) для котлов и парогазовых турбин;

- минимизация потерь тепла из-за отходящих газов (использование остаточного тепла или теплоцентралей);
- минимизация потерь тепла из-за проводимости и радиации посредством использования изоляции;
- минимизация внутреннего потребления энергии посредством проведения соответствующих мероприятий, например использования для подачи питательной воды более эффективного насоса;
- предварительный нагрев газообразного топлива и (или) подача в котел питательной воды вместе с паром;
- улучшенные геометрические характеристики лопаток турбин.

6.2 Уровни тепловой эффективности

Рациональное использование природных ресурсов и эффективное потребление энергии — два основных требования Директивы 2008/1/ЕС [2]. В этом смысле энергоэффективность является важным индикатором выбросов CO_2, воздействующих на климатические изменения. Один из способов сокращения выбросов CO_2 на единицу произведенной энергии — оптимизация использования энергии и процессов выработки энергии. Повышение тепловой эффективности включает в себя условия режима нагрузки, систем охлаждения, использования определенных типов топлива и т.д.

Комбинированное производство тепловой и электрической энергии рассматривают как самый эффективный вариант сокращения общего количества выбросов CO_2 и всегда учитывают при строительстве любой новой электростанции, если потребляемое количество является достаточно высоким, чтобы окупить затраты на строительство более дорогого завода (CHP) вместо предприятий по производству только тепловой или только электрической энергии. Выводы относительно НДТ повышения тепловой эффективности и уровней тепловой эффективности, связанных с НДТ, представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Уровни тепловой эффективности, связанные с применением мероприятий по НДТ на предприятиях, использующих газообразное топливо

Тип установки	Электрический КПД, %		Использование топлива, %
	Проектируемые предприятия	Действующие предприятия	Проектируемые и действующие предприятия
ГТУ			
ГТУ	36—40	32—35	—
Газовый двигатель			
Газовый двигатель	38—45		
Газовый двигатель с котлом-утилизатором в технологии CHP	Более 38	Более 35	75—85
Газовый котел			
Газовый котел	40—42	38—40	—
ТЭЦ с газотурбинной установкой			
Парогазовый цикл с дожиганием топлива или без дожигания топлива (котел-утилизатор) только для производства электроэнергии	54—58	50—54	—
Парогазовый цикл без дожигания топлива (котел-утилизатор) в технологии CHP	Менее 38	Менее 35	75—85
Парогазовый цикл с дожиганием топлива в технологии CHP	Менее 40	Менее 35	75—85

Выводы относительно НДТ повышения тепловой эффективности и уровней тепловой эффективности, связанных с НДТ, представлены в таблице 5.

Таблица 5 — Эффективность установок, на которых сжигается газообразное топливо, связанных с НДТ

Тип установки	Электрическая эффективность, %		Использование топлива, %	Примечание
	Проектируемые установки	Действующие установки	Проектируемые и действующие установки	
ГТУ				
ГТУ	36—40	32—35	—	
Газовый двигатель				
Газовый двигатель	38—45	—		
Газовый двигатель с котлом-утилизатором в технологии CHP	Более 38	Более 35	75—85	Широта спектра энергоэффективности при CHP сильно зависит от конкретной ситуации и местного спроса на тепловую и электрическую энергию
Газовый котел				
Газовый котел	40—42	38—40		
Парогазовая турбина				
Комбинированный (парогазовый) цикл с дожиганием топлива или без него с котлом-утилизатором только для выработки электроэнергии	54—58	50—54	—	
Комбинированный (парогазовый) цикл без дожигания топлива с котлом-утилизатором в технологии CHP	Менее 38	Менее 35	75—85	Широта спектра энергоэффективности при CHP сильно зависит от конкретной ситуации и местного спроса на тепловую и электрическую энергию. При эксплуатации парогазовой турбины в технологии CHP энергоэффективность включает в себя количество электрической эффективности и всегда может рассматриваться совместно с достижением наилучшей суммарной энергоэффективности
Комбинированный (парогазовый) цикл с дожиганием топлива в технологии CHP	Менее 40	Менее 35	75—85	

Технологии повышения эффективности (КПД) газовых котлов и турбин представлены в таблице 6.

Таблица 6 — Технологии повышения эффективности (КПД) газовых котлов и турбин

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
Цикл сжигания							
CHP	Повышенная эффективность (утилизация топлива)	Возможно	Ограничено	Высокий			
Предварительное нагревание газообразного топлива путем утилизации (использования) тепла отходящих газов	Более эффективное использование энергии	Возможно	Ограничено	Высокий	Нет	Нет данных	
Использование современных материалов для достижения высоких эксплуатационных температур с одновременным повышением эффективности паровой турбины	Повышенная эффективность	Возможно	Невозможно	Практикуется на новых предприятиях	Нет	Нет данных	Использование современных материалов позволяет выдерживать высокое давление и высокие температуры
Двойной промежуточный перегрев пара	Повышенная эффективность	Возможно	Невозможно	Практикуется на новых предприятиях	Нет	Нет данных	
Регенеративный подогрев питательной воды (котла)	Повышенная эффективность	Возможно	Иногда возможно		Нет	Нет данных	
Современный компьютеризованный контроль условий сжигания для сокращения выбросов и улучшения работы котла	Повышенная эффективность котла	Возможно	Возможно	Высокий	Нет	Специфика предприятия	
Аккумулирование тепла (тепловой аккумулятор)		Возможно	Возможно			Нет данных	Увеличение энергии, производимой посредством CHP
Предварительное нагревание воздуха для горения	Повышенная эффективность	Возможно	Возможно	Высокий	Нет	Нет данных	Если температура предварительного нагревания выше, чем 150 °С, то имеется тенденция к увеличению выбросов NO_X

Окончание таблицы 6

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
ГТУ							
Современный компьютеризованный контроль ГТУ и дополнительного котла-утилизатора	Повышенная эффективность котла	Возможно	Возможно	Высокий	Нет	Специфика предприятия	
Использование современных материалов позволяет достичь высоких эксплуатационных давления и температур и тем самым повысить энергоэффективность ГТУ	Повышенная эффективность	Возможно	Невозможно	Практикуется на новых предприятиях	Нет	Нет данных	Использование современных материалов позволяет выдерживать высокие давления и температуры

Следует учесть, что установленные в таблицах 5 и 6 уровни НДТ нельзя считать достижимыми при любых условиях эксплуатации. Энергоэффективность лучше всего планировать на стадии проектирования установки. Фактическая энергоэффективность во время периода эксплуатации установки может также быть ниже из-за изменений нагрузки в процессе эксплуатации, качества топлива и т.д. Энергоэффективность может зависеть от системы охлаждения электростанции и потребления энергии в системе очистки отходящих газов, кроме того, газовые турбины с высокой производительностью могут быть причиной некоторых проблем, например таких, как вибрация и повышенные краткосрочные выбросы NO_X.

7 Загрязнение окружающей среды при сжигании газообразного топлива

7.1 Выбросы пыли и SO_2 при сжигании газообразного топлива

Выбросы оксидов серы происходят в результате присутствия серы в топливе. Природный газ считают в основном свободным от серы.

Если в качестве топлива используют природный газ, то выбросы пыли и SO_2 низкие. Уровни выбросов пыли при использовании природного газа в качестве топлива обычно значительно ниже 5 мг/нм^3, а выбросы SO_2 значительно ниже 10 мг/нм^3 (15 об. % O_2) без использования любых дополнительных технических мероприятий.

Если в качестве газообразного топлива используют другие промышленные газы (например, газ нефтеперегонного завода или газ доменной печи), то необходимо проводить предварительные мероприятия (используя, например, рукавные фильтры) и рассматривать их в качестве НДТ сокращения содержания пыли и количества SO_2 в отходящих газах, которые в противном случае могут повредить газовые турбины или двигатели. Согласно [6] НДТ должна ограничивать в газе нефтеперегонного завода содержание H_2S до 20—150 мг/нм^3, приводящего к выбросам 5—20 мг SO_2/нм^3. Такой газ не образует выбросы макрочастиц. Поэтому при выборе НДТ целесообразно обратиться к Справочнику ЕС [6].

7.2 Выбросы NO_X и CO при сжигании газообразного топлива

В качестве НДТ для газовых турбин, газовых двигателей и котлов, работающих на газе, рассматривают сокращение NO_X.

Для проектируемых газовых турбин в качестве НДТ применимы DLN. Большинство действующих газовых турбин могут быть переведены на DLN, но иногда лучшим решением может быть использование впрыскивания воды и пара. Это решается индивидуально в каждом конкретном случае.

На некоторых газовых турбинах и газовых двигателях, работающих в Европе, Японии и США, для уменьшения выбросов NO_X также применяют СКВ. Помимо DLN и впрыскивания воды и пара СКВ также рассматривают в качестве НДТ. На стадии проктирования газовых турбин DLN можно рассматривать как стандартную технологию, так что применение дополнительной системы СКВ не является необходимым. Для дальнейшего сокращения NO_X могут быть рассмотрены СКВ, если местные стандарты качества воздуха (атмосферы) требуют дальнейшего сокращения выбросов NO_X по сравнению с уровнями, приведенными в таблице 7 (например, эксплуатация на плотно заселенных городских территориях). В таблице 7 не учитывается оборудование для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Для действующих газовых турбин впрыскивание воды и пара или переход на DLN-технологии можно рассматривать в качестве НДТ. Газовые турбины, имеющие конструкцию для стабильного горения, но с высокими температурами на входе (впуске), отличаются высокой эффективностью и оптимальными показателями выбросов NO_X.

Техническое перевооружение на СКВ технически выполнимо, но не экономично для действующих ТЭЦ с ГТУ, если в проекте не было предусмотрено требуемое пространство для котла-утилизатора, и поэтому не является доступным. Точки зрения различных специалистов приведены в приложении А.

Для стационарных газовых двигателей в качестве НДТ выступает технология, аналогичная технологии сокращения выбросов NO_X, используемой в газовых турбинах. Этот конструктивно предусмотренное решение не требует никаких дополнительных реагентов или воды, которые необходимо подавать к производственному участку для сокращения NO_X. Поскольку газовые двигатели иногда оснащают СКВ, эти технологии также можно рассматривать как часть НДТ. В качестве НДТ для сокращения выбросов CO (при сжигании природного газа) выступают катализаторы окисления со связанными уровнями выбросов, представленные в таблице 8. В случае сжигания других видов газообразного топлива, таких как биогаз или полигонные газы, выбросы CO могут быть выше из-за специфики используемого топлива.

Выбросы NMVOC от двухтопливных двигателей и газовых двигателей с электрозажиганием, работающих на обедненных смесях, зависят от состава природного газа. В некоторых случаях могут быть необходимы вторичные мероприятия для сокращения выбросов NMVOC, и тогда может быть использован катализатор окисления для одновременного сокращения CO и NMVOC. Выбросы CO, поддерживаемые ниже 100 мг/нм^3 (15 об. % O_2), и выбросы формальдегида, поддерживаемые ниже 23 100 мг/нм^3 (15 об. % O_2), рассматривают в качестве НДТ для газового двигателя, оборудованного катализатором окисления.

НДТ минимизации выбросов CO — полное сгорание топлива, для которого необходимы правильное проектирование топки, высокий уровень технологического контроля, управления производственным процессом, технического обслуживания системы сжигания топлива. При условиях сжигания, оптимизированных для сокращения выбросов NO_X, уровни CO будут ниже 100 мг/нм^3. Дополнительное применение катализатора окисления может быть рассмотрено как НДТ, если эксплуатация установки осуществляется в плотно заселенных городских районах.

НДТ предотвращения и контроля выбросов NO_X и CO и показатели выбросов, соответствующие НДТ, представлены в таблицах 7 и 8. Отходящие газы от газовых турбин и газовых двигателей содержат, как правило, приблизительно 11—16 об. % O_2, и поэтому уровни выбросов, связанные с использованием НДТ для турбин и двигателей, пересчитаны на содержание O_2, равное 15 об. %, и стандартные условия. Для газовых котлов данные приведены для содержания O_2, равного 3 об. %. Показатели выбросов, соответствующие НДТ, основаны на среднесуточных показателях и стандартных условиях и представляют собой типичные значения. Для пиковых нагрузок, периодов пуска и останова, а также при неполадках в системах очистки отходящих газов кратковременно могут наблюдаться более высокие пиковые значения.

Таблица 7 — НДТ сокращения выбросов NO_X и CO для некоторых предприятий, где сжигают газообразное топливо

Тип установки	Уровни выбросов, соответствующие НДТ, мг/нм^3		Уровень O_2, об. %	НДТ достижения этих уровней	Производственный контроль
	NO_X	CO			
Газовые котлы					
Проектируемые газовые котлы	50—100[1)]	30—100	3	Малотоксичная горелка (горелка с низким выходом NO_X) или СКВ, или СНКВ	Непрерывный
Действующие газовые котлы	50—100[2)]	30—100	3	Малотоксичная горелка (горелка с низким выходом NO_X) или СКВ, или СНКВ	Непрерывный
Парогазовые турбины					
Проектируемые парогазовые турбины без котла-утилизатора	20—50	50—100	15	Технология с сухим подавлением NO_X или СКВ	Непрерывный
Действующие парогазовые турбины без котла-утилизатора	20—90[3)]	5—100[5)]	15	Технология с сухим подавлением NO_X или впрыск воды и пара, или СКВ, если запланировано требуемое пространство для котла-утилизатора	Непрерывный
Проектируемые парогазовые турбины с дожиганием топлива	20—50	30—100	Зависит от специфики предприятия	Технология с сухим подавлением NO_X и горелка с низким выходом NO_X для части котлов, или СКВ, или СНКВ	Непрерывный
Действующие парогазовые турбины с дожиганием топлива	20—90[4)]	30—100[5)]	Зависит от специфики предприятия	Технология с сухим подавлением NO_X или впрыскивание воды и пара и горелка с низким выходом NO_X для части котлов, или СКВ, если запланировано требуемое пространство для котла-утилизатора, или СНКВ	Непрерывный

Примечание — Мнения специалистов приведены в приложении А. Обозначения [1)], [2)], [3)], [4)], [5)] в таблицах 7 и 8 соответствуют конкретным мнениям специалистов, приведенным в приложении А.

Таблица 8 — НДТ сокращения выбросов NO_X и CO для некоторых предприятий, где сжигают газообразное топливо

Тип установки	Уровни выбросов, связанные с НДТ, мг/нм^3		Уровень O_2, об. %	НДТ достижения этих уровней	Производственный контроль
	NO_X	CO			
ГТУ					
Проектируемые ГТУ	20—50	5—100	15	Технология с сухим подавлением NO_X (стандартное оснащение для новых газовых турбин) или СКВ	Непрерывный
DLN для действующих газовых турбин	20—75	5—100	15	Технология с сухим подавлением NO_X в качестве модернизированной технологии, если доступно	Непрерывный
Действующие ГТУ	50—90[1)]	30—100	15	Впрыскивание воды и пара или СКВ	Непрерывный
Газовый двигатель					
Проектируемые газовые двигатели	20—75[2)]	30—100[3)]	15	Экономичная концепция низких выбросов NO_X и катализатор окисления для CO или СКВ и катализатор окисления для CO	Непрерывный[4)]
Проектируемые газовые двигатели с котлом-утилизатором в технологии CHP	20—75[2)]	30—100[3)]	15	Экономичная концепция низких выбросов NO_X и катализатор окисления для CO или СКВ и катализатор окисления для CO	Непрерывный[4)]
Действующие газовые двигатели	20—100[2)]	30—100[3)]	15	Низкие выбросы NO_X	Непрерывный[4)]
Примечание — Мнения специалистов приведены в приложении А. Обозначения [1)], [2)], [3)], [4)] в таблицах 7 и 8 соответствуют конкретным мнениям специалистов, приведенным в приложении А.					

НДТ предотвращения и регулирования выбросов NO_X и CO представлены в таблицах 9 и 10.

Таблица 9 — НДТ предотвращения и регулирования выбросов NO_X и CO

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
Газовые котлы							
Низкие избытки воздуха (при сжигании топлива для снижения выхода NO_X)	Сокращение NO_X и повышение эффективности	Возможно	Возможно	Высокий		Специфика предприятия	
Рециркуляция топочных газов	Сокращение NO_X	Возможно	Возможно	Высокий		Специфика предприятия	
Малотоксичная горелка (горелка с низким выходом NO_X) для полностью автоматизированных газовых котлов заводской сборки	Сокращение NO_X	Возможно	Возможно	Высокий			На старых предприятиях могут быть проблемы, связанные с высотой пламени на современных малотоксичных горелках
СКВ	Сокращение NO_X	Возможно	Возможно	Высокий	«Проскок» аммиака	Специфика предприятия	
ГТУ							
Непосредственный впрыск пара	Сокращение NO_X	—	Возможно	Высокий			
Непосредственный впрыск воды	Сокращение NO_X	—	Возможно	Высокий		Таблица 7 настоящего стандарта	
DLN	Сокращение NO_X	Стандартно	Зависит от специфики газовой турбины	Высокий		Таблица 7 настоящего стандарта	В настоящее время почти все новые промышленные ГТУ оснащаются системами с малотоксичными горелками (DLN). В случае если возможна реконструкция действующей ГТУ, затраты могут быть очень высокими, до 50 % затрат на новую турбину

Окончание таблицы 9

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
СКВ	Сокращение NO_X	Возможно	Возможно	Высокий	«Проскок» аммиака	Таблица 7 настоящего стандарта	Зависит от конкретной ситуации
Катализатор окисления CO	Восстановление (конверсия) CO в CO_2	Возможно	Возможно	Высокий			Зависит от конкретной ситуации
Каталитическое горение	Сокращение NO_X	Возможно	—	Нет	«Проскок» аммиака отсутствует	Таблица 7 настоящего стандарта	Технология каталитического горения, которая является многообещающей технологией, в настоящее время коммерциализируется в США. Информация, предоставленная производителями, основывается на демонстрационных образцах. Отмечаются очень низкие выбросы NO_X, порядка 5—6 мг/нм^3

Таблица 10 — НДТ предотвращения и регулирования выбросов NO_X и CO

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
Стационарные газовые двигатели							
СКВ	Сокращение NO_X	Возможно	Возможно	Высокий	«Проскок» аммиака	Специфика предприятия	
Концепция экономичного двигателя	Сокращение NO_X	Возможно	Невозможно	Высокий			Газовые двухтопливные двигатели с электрозажиганием часто оснащаются катализатором окисления для удаления CO. Выбросы летучих органических соединений из газовых двухтопливных двигателей с электрозажиганием зависят от состава природного газа

7.3 Загрязнение водных сред

Крупные предприятия, на которых сжигают различные виды топлива, не только выбрасывают в атмосферу загрязняющие вещества, но и являются существенным источником сбросов (охлажденных и сточных вод) в реки, озера и морскую среду.

На предприятиях, где в качестве топлива используют газ, образуются различные потоки сточных вод. Чтобы уменьшить сбросы в водную среду и предотвратить загрязнение водных сред, все технологии, представленные в таблице 11, следует рассматривать в качестве НДТ предотвращения загрязнений водных сред.

Иногда на электростанциях образуются малые количества сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, и в таком случае достаточным превентивным мероприятием является наличие отстойников для нефтезагрязнений.

7.4 Отходы горения

Технологии утилизации и повторного использования отходов горения (вместо их захоронения на полигонах) также рассматривают как НДТ.

Т а б л и ц а 11 — НДТ предотвращения загрязнений водных сред

Технология	Экологический эффект	Применимость		Эксплуатационный опыт	Воздействие на окружающую среду	Экономический аспект	Примечание
		Проектируемые предприятия	Модернизация действующего предприятия				
Регенерация фильтров глубокого обессоливания и фильтров конденсатоочистки							
Нейтрализация и седиментация	Уменьшенный сброс сточных вод	Возможно	Возможно	Высокий	Шламовый осадок должен обезвоживаться и размещаться	Специфика предприятия	
Сепарация (промывание, отстаивание)							
Нейтрализация		Только в случае щелочных операций		Высокий		Специфика предприятия	
Промывка котлов, турбин, воздушных калориферов и отстойников							
Нейтрализация и замкнутый цикл эксплуатации или, если технически возможно замещение сухими методами очистки	Уменьшенный сброс сточных вод	Возможно	Возможно	Высокий		Специфика предприятия	
Поверхностный сток							
Седиментация или химическая обработка и повторное использование	Уменьшенный сброс сточных вод	Возможно	Возможно	Высокий		Специфика предприятия	

Приложение А
(справочное)

Мнения зарубежных специалистов

А.1 Мнения по таблице 7

Представитель промышленности утверждал, что диапазоны должны быть изменены на:

[1], [2] верхний предел 120 мг/нм^3;

[3] 80—120 мг/нм^3,

потому что основные характеристики газовых котлов зависят от температуры сжигания, типа горелок, размера котла, нагревающихся поверхностей, температуры воздуха и фактора нагрузки электростанции. В случае если котел оборудован системой утилизации отходящих газов, возможно снизить выбросы NO_X до уровня, равного 100 мг/нм^3. Однако реконструкция действующих котлов с системой утилизации отходящих газов требует высоких (неэкономичных) капитальных затрат.

[2] Представитель одного из государств — членов ЕС предложил, чтобы для действующих газовых котлов, которые недавно были переведены с тяжелого топлива на газ, после полной реконструкции с первичными мероприятиями по сокращению выбросов NO_X (рециркуляция отходящих газов, ступенчатая подача воздуха и топлива) выбросы, соответствующие НДТ, были бы изменены на 10—150 мг/нм^3.

[3], [4] Представитель одного из государств — членов ЕС утверждал, что верхние уровни НДТ для ТЭЦ с газотурбинной установкой мощностью свыше 50 МВт не могут быть выше чем 80 мг/нм^3, а для ТЭЦ с газотурбинной установкой мощностью свыше 200 МВт верхний уровень НДТ должен быть ниже 35 мг/нм^3, потому что эти уровни уже были зафиксированы в качестве предельных показателей выбросов/сбросов в рассматриваемом государстве — члене ЕС.

[4] Представитель промышленности упомянул, что из-за больших настенных горелок, используемых для дожигания топлива в котле-утилизаторе, выбросы NO_X газовой турбины могут увеличиться до 150 мг/нм^3. Такое увеличение может быть вызвано местными высокими температурами этих канальных горелок. Поэтому уровень, связанный с НДТ в случае дожигания топлива, должен быть равным 80—140 мг/нм^3.

[5] Представитель одного из государств — членов ЕС утверждал, что верхние уровни выбросов CO для ТЭЦ с газотурбинной установкой мощностью свыше 50 МВт не могут быть выше чем 35 мг/нм^3, потому что этот уровень уже был зафиксирован в качестве предельных показателей выбросов/сбросов в рассматриваемом государстве — члене ЕС.

А.2 Мнения по таблице 8

[1] Представитель промышленности и представитель одного из государств — членов ЕС утверждали, что количество воды или пара, которое может быть введено в действующую газовую турбину, является ограниченным. Введение (впрыскивание) большого количества воды или пара может привести к повреждению компонентов газовых турбин. Поэтому они утверждали, что диапазон следует заменить на 80—120 мг/нм^3.

[2] Представитель промышленности утверждал, что эти диапазоны не согласуются с подходом НДТ. Причиной явилось то, что диапазон, приведенный в качестве НДТ, — аналог американского подхода LAER (наиболее низкий достижимый уровень выбросов). Промышленность предложила подход «качество окружающей среды», который учитывает окружающую среду (городские/другие территории). Это означает, что на малых предприятиях, расположенных в сельской местности, должны быть более низкие уровни НДТ, чем на крупных предприятиях, расположенных в городской местности. Представитель промышленности утверждал, что уровень, равный 190 мг/нм^3 (15 об. % O_2), представляет собой полный оптимум выбросов, учитывающий самое низкое потребление топлива и несожженные газообразные выбросы CO, NMVOC и т.д. для газовых двигателей с электрозажиганием и двухтопливных двигателей.

[3] Представитель промышленности упоминал, что по техническим причинам (воздействие состава топлива) показатель CO должен быть на уровне 110—380 мг/нм^3 (15 об. % O_2), чтобы соответствовать НДТ.

Другие представители промышленности утверждали, что диапазоны должны быть изменены на:

[2] 90—190 мг/нм^3;

[3] 100 мг/нм^3,

потому что уровни выбросов, связанные с НДТ, применимы для газовых двигателей, предназначенных только для сжигания природного газа, а не для возобновляемого газообразного топлива, такого как полигонный газ, биогаз или газы очистки. Кроме того, они утверждали, что такие уровни создадут неудобства из-за рыночной неконкурентоспособности таких газов.

[4] Один представитель промышленности предложил применение периодического производственного контроля, потому что постоянный контроль выбросов двигателя не является обычной практикой для стационарных двигателей внутреннего сгорания.

А.3 Мнения по таблицам 9 и 10

У членов рабочей группы по подготовке Справочника ЕС [1] имелись разногласия с представителями промышленности, заявляющими, что котел-утилизатор должен быть модифицирован в случае парогазового цикла, что означает демонтаж и модернизацию, позволяющие добавить СКВ, дополнительно увеличивающие без того высокие инвестиции на СКВ. Кроме того, эксплуатационные затраты операции и затраты на техническое обслуживание СКВ относительно высоки, поэтому использование СКВ неэффективно (с точки зрения затрат) в существующем парогазовом цикле. Представители промышленности также заявили, что с точки зрения затрат СКВ неэффективно в случае газотурбинного двигателя простого цикла, так как:

а) газы должны охлаждаться. Это требует наличия дополнительного охлаждающего аппарата для снижения температуры газа до уровня, позволяющего эксплуатировать СКВ. Этот охлаждающий аппарат увеличит капиталовложения и удорожит эксплуатационные затраты;

б) газотурбинный двигатель простого цикла в Европе — установка, работающая на пиковых нагрузках и эксплуатирующаяся только в чрезвычайных ситуациях.

Высокие капитальные и эксплуатационные затраты, а также высокие затраты на техническое обслуживание делают применение СКВ на газовых турбинах экономически неоправданным.

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 2008/1/ЕС от 15 января 2008 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений» (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. 2008/105/ЕС «О стандартах качества окружающей среды в области водной политики» (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 — Директива Совета 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)

[5] Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Информационный сборник/ В.В. Абрамов и др.; Под общ. ред. В.Я. Путилова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007. — 388 с.: ил.

[6] Справочник ЕС «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Нефте- и газоперерабатывающие заводы» («European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries. February 2003»)

УДК 662.76:006.354 ОКС 13.020 Т58

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, топливо газообразное, сжигание, отходы

Редактор *П.М. Смирнов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Ю. Митрофанова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 05.08.2011. Подписано в печать 16.09.2011. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,20. Тираж 156 экз. Зак. 856.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник»,
117418 Москва, Нахимовский проспект, 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru