

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ВСЕРОССИЙСКИЙ ДВАЖДЫ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»
ОАО «ВТИ»

**НОРМАТИВЫ УДЕЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ
ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

Учебно-методическое пособие

**(подготовлено в рамках работ по Соглашению
с Минобрнауки России №14.U02.21.0665 от 17 августа 2012г.)**

Москва 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Общие положения	13
2 Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в РФ	14
3 Порядок определения удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для действующих котельных установок	16
4 Действующие и перспективные нормативы удельных выбросов в РФ и за рубежом	23
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	35

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебно-методическое пособие «Нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС» разработано специалистами ОАО «ВТИ» в порядке выполнения Соглашения с Минобрнауки России № 14.U02.21.0665 от 17 августа 2013г. для программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров персонала компаний, работающих в энергетике, других организаций, работающих в области экологии энергетике, занимающихся вопросами нормирования в энергетике. В соответствии с учебными планами и программами учебно-методическое пособие может быть использовано для обучения студентов профильных ВУЗов и аспирантов.

Настоящее учебное пособие разработано для разъяснения подходов к определению нормативов удельных выбросов, для оказания практической помощи при разработке нормативов удельных выбросов ТЭС*, а также для более подробного рассмотрения вопросов, связанных с контролем фактических показателей выбросов работающего и вновь вводимого оборудования.

В разработке пособия принимали участие сотрудники ОАО «ВТИ»: О.Н. Брагина (Введение, р. 1), А.Н. Чугаева (Введение, р. 4), А.А. Иванова (р. 1-4), Т.Н. Мячина (р. 2), Н.В. Кумпан (р. 1,3), О.А. Киселева (р. 1).

* Здесь и далее по тексту под термином ТЭС следует понимать ТЭС и котельные.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха при условии непревышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов.

Временно согласованный выброс (ВСВ) – временный лимит выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для действующих стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития соответствующей территории в целях поэтапного достижения установленного предельно допустимого выброса.

Удельный выброс – выброс загрязняющих веществ, приходящихся на единицу массы сжигаемого топлива (кг/т) или на единицу вводимого в топку тепла (г/МДж).

Котельная установка – совокупность котла и вспомогательного оборудования.

Отходящие дымовые газы – дымовые газы на выходе из источников выделения загрязняющих веществ.

Уходящие дымовые газы – дымовые газы, выбрасываемые из источников загрязнения (дымовых труб).

Наилучшая доступная технология (НДТ) - технологический процесс, технический метод, основанный на современных достижениях науки и техники, направленный на снижение негативного воздействия хозяй-

ственной деятельности на окружающую среду и имеющий установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов.

Определение НДТ - установление экспертными и (или) экспериментальными способами области применения, особенностей изучаемого класса технологий на предмет выделения группы НДТ на фоне других существующих.

Оценка НДТ - подтверждение того, что характеристики НДТ реализованы в соответствии с требованиями нормативной и технологической документации, данная технология экономически приемлема и доступна для применения.

Государственный реестр НДТ - систематизированный банк данных о НДТ, содержащий характеристики технологий и соответствующие технологические, экологические, социальные нормы и нормативы.

Справочник по НДТ - документ, содержащий описания, начиная с добычи сырья и заканчивая отправкой готовой продукции на рынки сбыта, комплексных производственных процессов (технологий, методов), которые признаны НДТ для рассматриваемой категории отраслевых промышленных объектов, включая соответствующие параметры и мероприятия по защите окружающей среды.

ТЭС – тепловая электрическая станция

ВУЗ – высшее учебное заведение

ВТО – Всемирная торговая организация

ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития

ЕС – Европейский Союз

ПДК – предельно допустимая концентрация

ЗУУ – золоулавливающая установка

н.у. – нормальные условия - температура 0°С и давление 101,3 кПа

ВВЕДЕНИЕ

Вступление России в ВТО и ОЭСР требует от Российской Федерации гармонизации экологического законодательства с законодательством стран ЕС. Самое важное в решении этой задачи - построение соответствующей нормативно-правовой базы и механизмов ее реализации.

В 2010 г Правительством Российской Федерации внесен в Государственную Думу и прошел первое чтение проект ФЗ № 584587 – 5 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования нормирования в области охраны окружающей среды и введения мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших технологий» [1].

Так что же такое наилучшие технологии?

Впервые определение наилучшей доступной технологии в российском экологическом законодательстве мы находим в проекте этого закона.

«Наилучшая доступная технология (НДТ) – совокупность применяемых для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг на объектах, оказывающих воздействие на окружающую среду, технологических процессов, оборудования, методов, способов, приемов и средств, основанных на современных достижениях науки и техники, обладающих наилучшим сочетанием показателей достижения целей охраны окружающей среды, экономической целесообразности, при условии технической возможности их применения» [1]

В действующем в настоящее время законе «Об охране окружающей среды» [2] введено только понятие «наилучшая существующая технология - технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов».

Введение в перспективном законодательстве понятия наилучшая доступная технология соответствует принятому в экологическом законодательстве стран ЕС подходу по ограничению выбросов загрязняющих веществ от ТЭС. Гармонизация экологического законодательства РФ с законодательством стран ЕС является стратегическим направлением развития отечественного законодательства.

Если ориентироваться на европейское законодательство, которое уже несколько десятилетий назад ввело применение наилучших доступных технологий, то можно обратить внимание на постепенное, но значительное сокращение негативного воздействия на атмосферу выбросов загрязняющих веществ от предприятий тепловой энергетики. Европейское законодательство, основываясь на экономической целесообразности и технических возможностях, дифференцировало требования к вновь вводимому и действующему оборудованию ТЭС.

Регулирование деятельности по сокращению выбросов загрязняющих веществ от установок, сжигающих органическое топливо, проводится в соответствии с Директивами ЕС [3, 4] по ограничению выбросов определенных загрязнителей. Эти Директивы содержат нормативы предельных концентраций загрязняющих веществ в дымовых газах котельных установок, выбрасываемых в атмосферу. Для выполнения этих нормативных требований используются технологии (способы), входящие в справочники по НДТ.

Таким образом, установление нормативов удельных выбросов загрязняющих веществ от котельных установок служит для поэтапного сокращения негативного воздействия ТЭС на атмосферу с учетом доступности и экономической целесообразности внедрения НДТ, обеспечивающих эти нормативы.

Например, согласно Директиве 2001/80/ЕС [3] для существующих котельных установок тепловой мощностью до 100 МВт_т, сжигающих твердое топливо, предельная концентрация сернистого ангидрида (SO₂)

принимается равной 2000 мг/м^3 при н.у., для установок тепловой мощностью $100\text{-}500 \text{ МВт}_T$ - линейное снижение от 2000 до 400 мг/м^3 при н.у.: В данном случае учтены оба фактора – доступность и экономическая целесообразность.

Понятно, что для установок малой мощности к тому времени уже были разработаны технические решения по улавливанию SO_2 . Но, при ограниченных средствах, для сокращения выбросов сернистого ангидрида целесообразно было оснащать сероулавливающими установками в первую очередь крупные котельные установки, на которых сокращение валовых выбросов на единицу вложенных средств значительно больше.

Следовательно, при принятии Директивы 2001/80/ЕС резкое сокращение негативного воздействия ТЭС было экономически нецелесообразно при ограниченных средствах, т.к. незначительное снижение валовых выбросов на котельных установках малой мощности требует больших затрат.

В ЕС Концепция НДТ в смысле комплексного предупреждения и контроля загрязнений окружающей среды в результате хозяйственной деятельности, предусмотренная директивами [5], [6], учитывает возможные экономические затраты и экологические выгоды, получаемые в результате реализации НДТ.

Наибольшие трудности для использования этой модели НДТ в российском законодательстве вызовет сравнение «выгод для окружающей среды с экономическими затратами». Взимание платы за загрязнение окружающей природной среды [7] в какой-то степени представляет собой форму возмещения экономического ущерба, которая компенсирует воздействие выбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду. Но в настоящее время нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ в Российской Федерации таковы, что плата за выбросы в очень редких случаях будет больше экономических затрат на внедрение новых технологий и газоочистного оборудования.

Учитывая принцип предусмотрительности, который декларирован в подписанных Российской Федерацией международных Конвенциях и Соглашениях по охране окружающей среды, уже в настоящее время необходимо принимать меры для выполнения перспективного экологического законодательства РФ, т.е. перехода на технологическое нормирование.

Несмотря на постоянное развитие технологий, из-за чего точное определение НДТ становится проблематичным, все же остается возможным в течение относительно короткого периода выбрать среди всех имеющихся технологий наилучшую, что и было сделано в европейских справочниках по НДТ. Однако для того, чтобы определить наилучшую технологию в конкретных практических условиях, необходимы критерии, зависящие от субъективных решений. Например, при выборе между автомобилем, поездом и велосипедом (в качестве транспортного средства) критериями могут быть время, удобство, стоимость и, что наиболее важно для нашего случая, минимизация ущерба окружающей среде. Если единственным критерием является недопущение/минимизация ущерба окружающей среде, велосипед будет наилучшим выбором. Также велосипед выгоден и с точки зрения экономических затрат. Однако, если запас времени на поездку ограничен, лучшим вариантом будет поезд или автомобиль. Если же учитывать комфорт при поездке, на первое место выйдет автомобиль - для тех, кто не любит путешествовать в большой компании, или поезд - для любителей почитать или поспать в дороге.

Этот же принцип применим и для крупных промышленных предприятий, например, для электростанций. С точки зрения защиты окружающей среды наилучшим решением было бы применение электроэнергии, выработанной на солнечных элементах, но это может оказаться слишком дорогим или даже невозможным вариантом, например, в условиях Заполярья. Если на территории имеются большие залежи каменного угля, то наилучшим вариантом будет ТЭС, работающая на этом угле, хотя в этом случае может быть оказано значительное негативное воздействие на

окружающую среду и здесь необходимо внедрение НДТ в кратчайшие сроки.

Таким образом, решение в конечном счете остается за хозяйственным субъектом.

Европейские справочники по НДТ представляют собой документы [8], содержащие пошаговое описание НДТ для каждой из отраслей промышленности, перечисленных в Приложении I "Виды производственной деятельности, упоминаемые в Статье 1" Директив [5], [6]. Эти справочники используются компетентными органами при выдаче хозяйствующим субъектам природоохранных разрешений на право хозяйственной деятельности, а также самими хозяйствующими субъектами при формировании своей экологической политики.

В настоящий момент в РФ действуют нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ для котельных установок, регламентированные ГОСТ Р 50831-95 [9], где указаны нормативы удельных выбросов для вновь вводимых котельных установок, но нет показателей для действующих установок, введенных до 2000 г.

Т.е. для большей части работающего парка котельных установок не установлены нормативы удельных выбросов.

Анализ существующего состояния котельных установок, сжигающих уголь, газ, мазут, показывает большой диапазон значений удельных выбросов загрязняющих веществ. Эти различия могут вытекать из влияния на работу котельной установки основных факторов:

- паропроизводительность котельной установки;
- сроки эксплуатации котлов (и, соответственно, их техническое состояние);
- структура сжигаемого топлива;
- качество сжигаемого топлива;
- различные объемы внедренных мероприятий по подавлению образования оксидов азота (или их отсутствие);

- техническое состояние ЗУУ и степень очистки газов в них.

Подход по определению удельных выбросов, представленный в Пособии, основан на результатах многолетних исследований, проводимых сотрудниками ОАО «ВТИ» на ТЭС и котельных РФ, анализе данных по фактической работе котельных установок ТЭС и опыте разработки нормативов удельных выбросов для котельных установок в зарубежных странах.

Как справочный материал в пособии приведены нормативы удельных выбросов, соответствующие Директивам ЕС [4, 5] в связи с перспективой гармонизации экологического законодательства и стандартов РФ с законодательством и стандартами стран ЕС.

1 Общие положения

1.1 Под нормативами удельных выбросов понимаются утвержденные в установленном порядке допустимые значения удельных выбросов загрязняющих веществ, определенные исходя из фактических возможностей технологического процесса, оборудования при оптимальных режимах его эксплуатации.

1.2 Разработка нормативов удельных выбросов проводится в соответствии с требованиями природоохранного законодательства [2, 10].

1.3 Определение перечня загрязняющих веществ, по которым устанавливаются нормативы удельных выбросов для котельных установок (котлоагрегатов) ТЭС, проводится на основе [3, 4, 9].

Для ТЭС, сжигающих газообразное топливо, такими веществами являются: оксиды азота (NO_x)*, оксид углерода (СО); для ТЭС, сжигающих жидкое топливо – оксиды азота, сернистый ангидрид (SO_2), оксид углерода, мазутная зола; для ТЭС, сжигающих твердое топливо - оксиды азота, сернистый ангидрид, оксид углерода, твердые вещества.

1.4 Разработка нормативов удельных выбросов проводится с использованием действующих нормативно-методических документов по нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от ТЭС [11-15].

1.5 Норматив удельного выброса загрязняющего вещества в атмосферу для котлоагрегата ТЭС может быть рассчитан следующим образом:

- на единицу вводимого в топку тепла, г/МДж;
- на тонну условного топлива, кг/ту.т.;
- на единицу объема дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу (при стандартном коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1,4$ и нормальных условиях - температуре 0°C , давлении 101,3 кПа), мг/м³.

* NO_x - сумма оксидов азота в пересчете на NO_2 .

2 Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в РФ

Существующее законодательство РФ регламентирует экологическую деятельность тепловых электростанций на протяжении более чем 40 лет. Первый государственный стандарт "Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями" [16] был разработан в 1978 г. и введен в действие в 1980 г.

В 1979 г. СССР была подписана Конвенция ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния [17].

Еще в 1974 г. Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова совместно с другими институтами были разработаны «Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» [18]. Эти указания позволили определять воздействие на атмосферу выбросов загрязняющих веществ от предприятий, а после выхода ГОСТ [16] установить предельно допустимые (ПДВ) и временно согласованные (ВСВ) выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

В 1986 г. Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова была выпущена "Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий" [19], которая является нормативным документом до настоящего времени.

Норматив допустимого выброса загрязняющих веществ в атмосферу – предельно допустимый выброс (ПДВ) – устанавливается для каждого источника выбросов и от совокупности источников. Необходимым и достаточным для выполнения этого норматива является условие, что выбросы загрязняющих веществ от данного источника, с учетом перспективы развития предприятия и рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, не должны превышать (с учетом фоновое загрязнение) предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Если по причинам объективного характера значения ПДВ не мо-

гут быть достигнуты, вводится поэтапное снижение выбросов, обеспечивающее в перспективе соблюдение ПДВ загрязняющих веществ. На каждом этапе до обеспечения величин ПДВ устанавливался временно согласованный выброс (ВСВ).

Таким образом, в настоящее время в основе регулирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферу лежит принцип гигиенического нормирования.

Для предприятий тепловой энергетики к одинаковым котельным установкам предъявляются различные требования в зависимости от региона расположения предприятия (различное фоновое загрязнение атмосферы, метеорологические условия) и высоты дымовых труб, обеспечивающих рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере. В результате складывается такая ситуация, когда одни предприятия уже не имеют технической возможности сокращать выбросы загрязняющих веществ, а другие, которые могут внедрять мероприятия, не имеют стимулов к внедрению даже малозатратных мероприятий.

Учитывая положительный опыт стран ЕС, можно ожидать, что планируемый в ближайшее время переход на введение технологического нормирования упорядочит экологические требования к котельным установкам, создаст стимулы для ТЭС к внедрению НДТ, т.е. ускорит проведение модернизации и реконструкции производства и снизит воздействие выбросов ТЭС на атмосферный воздух.

3 Порядок определения удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для действующих котельных установок

3.1 Определение удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (далее удельных выбросов) для действующих котельных установок ТЭС проводится для каждого котлоагрегата.

При определении удельных выбросов используются и анализируются следующие исходные данные:

- формы 3-тех, 6-ТП, 2-ТП (воздух) для ТЭС;
- данные действующих документов по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ и проекта ПДВ для ТЭС;
- данные производственного контроля на котлоагрегатах – концентрации загрязняющих веществ в уходящих дымовых газах за последние 3 года;
- данные по качеству сжигаемого топлива за последние 3 года.

Определение удельных выбросов производится в следующей последовательности:

- определение наихудших условий работы котлоагрегата с точки зрения образования выбросов и соответствующих концентраций загрязняющих веществ в дымовых газах;
- измерение концентраций загрязняющих веществ;
- определение максимальных выбросов загрязняющих веществ в г/с;
- определение фактических удельных выбросов загрязняющих веществ;
- сравнение полученных удельных выбросов с действующим экологическим законодательством РФ и зарубежных стран;
- разработка предложений (при необходимости) по снижению фактических удельных выбросов загрязняющих веществ для достижения требуемых нормативов удельных выбросов (или перспективных), исходя из классификации котельных установок по тепловой мощности и видам

сжигаемого топлива.

3.2 За наихудшие условия работы котлоагрегата при определении удельных выбросов принимается работа котлоагрегата при максимальном расходе сжигаемого топлива наихудшего качества (наименьшая теплота сгорания, наибольшие зольность, сернистость и т.д.) и максимальной нагрузке.

Режимы работы котлоагрегата при растопке, наборе мощности, останове и т.п. не являются режимами, на основе которых устанавливаются нормативы удельных выбросов.

За максимальную концентрацию загрязняющего вещества в дымовых газах принимается наибольшая замеренная* или рассчитанная концентрация загрязняющего вещества при наихудших условиях работы котлоагрегата, мг/м³ при н.у.

3.3 Определение максимальных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котлоагрегатов проводится согласно [13]. Максимальные выбросы оксидов азота и оксида углерода определяются по максимальным замеренным концентрациям этих веществ; максимальные выбросы твердых частиц, диоксида серы определяются балансово-расчетным методом.

3.3.1 Максимальные выбросы оксидов азота от котлоагрегата определяются по формуле:

$$M_{\text{NO}_x} = \mu_{\text{NO}_x} \cdot \sum (V_{\text{сгi}} \cdot B_i) \cdot 10^{-3}, \text{ г/с}, \quad (1)$$

где μ_{NO_x} – замеренная* концентрация оксидов азота в пересчете на NO_2 в

* Рассматриваются наибольшие концентрации, замеренные на котельной установке при:

- проведении инвентаризации;
- проведении производственного контроля;
- анализе результатов измерений, вошедших в состав режимных карт котлоагрегата.

уходящих газах котлоагрегата при его максимальной нагрузке при сжигании i -го вида топлива (или смеси топлив), мг/м^3 при н.у.;

$V_{\text{сг}i}$ - удельный объем сухих дымовых газов, образующихся при сгорании 1 кг (1 м^3 при н.у.) i -го вида топлива, при $\alpha = 1,4$, $\text{м}^3/\text{кг}$ топлива ($\text{м}^3/\text{м}^3$ топлива) при н.у.;

B_i - расход i -го вида топлива на котлоагрегате при максимальной нагрузке, кг/с ($\text{м}^3/\text{с}$).

3.3.2 Максимальный выброс оксида углерода от котлоагрегата определяется по формуле:

$$M_{\text{CO}} = \mu_{\text{CO}} \cdot \sum (V_{\text{сг}i} \cdot B_i) \cdot 10^{-3}, \quad \text{г/с}, \quad (2)$$

где μ_{CO} – замеренная концентрация оксида углерода в уходящих газах котлоагрегата при его максимальной нагрузке при сжигании i -го вида топлива (или смеси топлив), мг/м^3 при н.у.

3.3.3 Максимальный выброс диоксида серы от котлоагрегата определяется по формуле:

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 B_i \cdot S^r \cdot (1 - \eta'_{\text{SO}_2}) \cdot (1 - \eta''_{\text{SO}_2}) \cdot 10^3, \quad \text{г/с}, \quad (3)$$

где S^r - максимальное содержание серы в топливе на рабочую массу (за последние 3 года), %;

η'_{SO_2} - доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;

η''_{SO_2} - доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц.

3.3.4 Максимальный выброс твердых частиц от котлоагрегата определяется по формуле:

$$M_{\text{ТВ}} = B_i \cdot \frac{A^r}{100 - \Gamma_{\text{УН}}} \cdot a_{\text{УН}} \cdot (1 - \eta_z) \cdot 10^3, \quad \text{г/с}, \quad (4)$$

где A^r - максимальная зольность топлива на рабочую массу, %;

$a_{\text{ун}}$ - доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

η_3 - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях;

$\Gamma_{\text{ун}}$ - содержание горючих в уносе, %.

3.3.5 Расчет удельного объема сухих дымовых газов выполняется в соответствии с [12] по формуле:

$$V_{\text{ст}} = V_{\text{г}}^0 + (\alpha - 1) V^0 - V_{\text{H}_2\text{O}}^0, \quad (5)$$

где V^0 , $V_{\text{г}}^0$ и $V_{\text{H}_2\text{O}}^0$ - соответственно, удельный объем воздуха, удельный объем дымовых газов и водяных паров при стехиометрическом сжигании 1 кг (1 м^3) топлива, $\text{м}^3/\text{кг}$ ($\text{м}^3/\text{м}^3$) при н.у.;

α - коэффициент избытка воздуха.

Для твердого и жидкого топлива расчет выполняют на основе химического состава сжигаемого топлива по формулам:

$$V^0 = 0,0889 \cdot (C^{\text{r}} + 0,375 S_{\text{ор+к}}^{\text{r}}) + 0,265 \cdot H^{\text{r}} - 0,0333 \cdot O^{\text{r}} \quad (6)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,111 \cdot H^{\text{r}} + 0,0124 \cdot W^{\text{r}} + 0,0161 \cdot V^0 \quad (7)$$

$$\begin{aligned} V_{\text{г}}^0 &= V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = \\ &= 1,866 \cdot \frac{C^{\text{r}} + 0,375 S_{\text{ор+к}}^{\text{r}}}{100} + 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot \frac{N^{\text{r}}}{100} + V_{\text{H}_2\text{O}}^0, \quad (8) \end{aligned}$$

где C^{r} , $S_{\text{ор+к}}^{\text{r}}$, H^{r} , O^{r} , N^{r} - соответственно, содержание углерода, серы (органической и колчеданной), водорода, кислорода и азота в рабочей массе топлива, %;

W^{r} - влажность рабочей массы топлива, %.

Для газообразного топлива расчет объема сухих дымовых газов выполняется по формулам:

$$V^0 = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot \text{CO} + 0,5 \cdot \text{H}_2 + 1,5 \cdot \text{H}_2\text{S} + \sum(a + b/4) \cdot \text{C}_a\text{H}_b - \text{O}_2] \quad (9)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,01 \cdot [\text{H}_2 + \text{H}_2\text{S} + 0,5 \cdot \sum b \cdot \text{C}_a\text{H}_b + 0,124 \cdot d_{\text{г.тл.}}] + 0,0161 \cdot V^0 \quad (10)$$

$$V_{\Gamma}^0 = 0,01 \cdot [\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{S} + \sum a \cdot \text{C}_a\text{H}_b] + 0,79 \cdot V^0 + \frac{N^{\Gamma}}{100} + V_{\text{H}_2\text{O}}^0, \quad (11)$$

где CO, CO₂, H₂, H₂S, C_aH_b, N₂, O₂ - соответственно, содержание оксида углерода, диоксида углерода, водорода, сероводорода, углеводородов, азота и кислорода в исходном топливе, %;

a и б - число атомов углерода и водорода, соответственно;

d_{г.тл.} - влагосодержание газообразного топлива, отнесенное к 1 м³ сухого газа, г/м³ при н.у.

3.3.6 Расчет удельного объема дымовых газов с учетом водяных паров выполняется по формуле:

$$V_{\text{вл}} = V_{\Gamma}^0 + (\alpha - 1) V^0 \quad (12)$$

3.4 Определение максимального удельного выброса загрязняющего вещества, приходящегося на единицу вводимого в топку котлоагрегата тепла, производится по формуле:

$$n = \frac{M}{V_i \cdot Q_i^{\Gamma}}, \quad \text{г/МДж}, \quad (13)$$

где Q_i^Γ – низшая теплота сгорания i-го вида топлива, МДж/кг (МДж/м³).

3.5 Определение максимального удельного выброса загрязняющего вещества, приходящегося на тонну условного топлива, проводится по формуле:

$$m = n \cdot Q_{\text{усл.топл.}}^{\Gamma}, \quad \text{г/кг у.т.} \quad (14)$$

где Q_{усл.топл.}^Γ – теплота сгорания условного топлива, равная 29,3 МДж/кг у.т.

3.6 Фактическая концентрация загрязняющих веществ в дымовых газах котлоагрегата для NO_x и СО принимается по наибольшим замеренным значениям при эксплуатации котлоагрегата в период максимальной

нагрузки ТЭС.

3.7 Концентрация диоксида серы рассчитывается по формуле:

$$\mu_{\text{SO}_2} = \frac{M_{\text{SO}_2}}{V_{\text{сг}} \cdot B_i}, \text{ мг/м}^3 \text{ при н.у.} \quad (15)$$

3.8 Концентрация твердых частиц рассчитывается по формулам:

$$\mu_{\text{ТВ}} = \frac{M_{\text{ТВ}}}{V_{\text{вл}} \cdot B_i}, \text{ мг/м}^3 \text{ при н.у.} \quad (16)$$

3.9 Полученные выше значения удельных выбросов на единицу вводимого в топку тепла, на единицу сжигаемого условного топлива или на единицу объема выбрасываемых дымовых газов представляют собой фактические значения удельных выбросов, соответствующие нормативам максимальных выбросов (ПДВ, г/с). Фактические значения удельных выбросов отражают достигнутый уровень работы котлов ТЭС при плановых нагрузках в зимний максимум, учитывают эффект от внедренных ранее мероприятий и представляют собой удельные выбросы загрязняющих веществ от этих котлов, которые могут быть обеспечены при эксплуатации действующего оборудования и выработке электроэнергии и тепла. Эти показатели являются рабочим инструментом для контроля выбросов загрязняющих веществ на ТЭС.

При переходе на технологическое нормирование может сложиться ситуация, когда фактические значения удельных выбросов для многих котельных установок превысят установленные нормативы удельных выбросов для котельных установок.

3.10 Определение удельного выброса диоксида серы и твердых частиц может проводиться на основе качественных характеристик сжигаемого топлива:

3.10.1 Определение удельного выброса диоксида серы и твердых ча-

стиц на 1 кг сжигаемого натурального топлива, M' , г/кг, производится по формулам (3), (4) при условии $B_i = 1$ кг.

3.10.2 Определение удельного выброса диоксида серы и твердых частиц на 1 кг сжигаемого условного топлива осуществляется по формуле:

$$m'_{y.t.} = M' \frac{Q_{\text{усл.топл}}^r}{Q_i^r}, \text{ г/кг у.т.} \quad (17)$$

3.10.3 Концентрация диоксида серы и твердых частиц в дымовых газах рассчитывается по формуле:

$$\mu' = \frac{M'}{V} \cdot 10^3, \text{ мг/м}^3 \text{ при н.у.}, \quad (18)$$

где $V - V_{\text{сг}}$ – для диоксида серы и $V_{\text{вл}}$ – для твердых частиц, $\text{м}^3/\text{кг}$ при н.у.

4 Действующие и перспективные нормативы удельных выбросов в РФ и за рубежом

4.1 В 1995 г. Постановлением Госстандарта Российской Федерации был введен в действие ГОСТ Р 50831-95 [9], который отменил действующие ранее и ввел в действие новые нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для котельных установок ТЭС. ГОСТ Р 50831 распространяется на котельные установки паропроизводительностью от 160 до 3950 т/ч на абсолютное давление перегретого пара от 9,8 до 25,0 МПа.

В таблицах 1-7 приведены нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по ГОСТ Р 50831-95.

Нормативы удельных выбросов, представленные в таблицах 1-3, согласно п. 10.6 ГОСТа распространяются на реконструируемые установки.

Для действующих котельных установок нормативы удельных выбросов не разработаны и не закреплены в государственных нормативных документах.

Таблица 1 - Нормативы удельных выбросов в атмосферу твёрдых частиц для котельных установок, вводимых на ТЭС до 31 декабря 2000 г., для твёрдого топлива всех видов

Тепловая мощность котлов Q, МВт _т (паропроизводительность котла D, т/ч)	Приведенное содержание золы A _{пр} , % · кг/МДж	Массовый выброс твёрдых частиц на единицу тепловой энергии, г/МДж	Масовый выброс твёрдых частиц, кг/ту.т.	Массовая концентрация частиц в дымовых газах при α=1,4, мг/м ³ при н.у.
до 299 (до 420)	менее 0,6	0,06	1,76	150
	0,6-2,5	0,06-0,20	1,76-5,86	150-500
	более 2,5	0,20	5,86	500
300 и более (420 и более)	менее 0,6	0,04	1,18	100
	0,6-2,5	0,04-0,16	1,18-4,70	100-400
	более 2,5	0,16	4,70	400

Таблица 2 - Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов серы для котельных установок, вводимых на ТЭС до 31 декабря 2000 г., для твёрдых и жидких видов топлива

Тепловая мощность котлов Q, МВт _т (паро-производительность котла D, т/ч)	Приведенное содержание серы S _{пр} , %·кг/МДж	Массовый выброс SO _x на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс SO _x , кг/ту.т.	Массовая концентрация SO _x в дымовых газах при α=1,4, мг/м ³ при н.у.
до 299 (до 420)	0,045 и менее	0,875	25,7	2000
	более 0,045	1,5	44,0	3400
300 и более (420 и более)	0,045 и менее	0,875	25,7	2000
	более 0,045	1,3	38	3000

Таблица 3- Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов азота для котельных установок, вводимых на ТЭС до 31 декабря 2000 г.

Тепловая мощность котлов Q, МВт _т (паро-производительность котла D, т/ч)	Вид топлива	Массовый выброс NO _x на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс NO _x , кг/т у.т.	Массовая концентрация NO _x в дымовых газах при α = 1,4, мг/м ³ при н.у.	
до 299 (до 420)	Газ	0,043	1,26	125	
	Мазут	0,086	2,52	250	
	Бурый уголь: твердое шлакоудаление		0,12	3,50	320
		жидкое шлакоудаление	0,13	3,81	350
	Каменный уголь: твердое шлакоудаление		0,17	4,98	470
		жидкое шлакоудаление	0,23	6,75	640
300 и более (420 и более)	Газ	0,043	1,26	125	
	Мазут	0,086	2,52	250	
	Бурый уголь: твердое шлакоудаление		0,14	3,95	370
		жидкое шлакоудаление	–	–	–
	Каменный уголь: твердое шлакоудаление		0,20	5,86	540
		жидкое шлакоудаление	0,25	7,33	700

Таблица 4 - Нормативы удельных выбросов в атмосферу твердых частиц для котельных установок, вводимых на ТЭС с 1 января 2001 г., для твёрдых топлив всех видов

Тепловая мощность котлов Q, МВт _т (паропроизводительность котла D, т/ч)	Приведенное содержание золы, A _{пр} , %·кг/МДж	Массовый выброс твердых частиц на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс твердых частиц, кг/ту.т.	Массовая концентрация частиц в дымовых газах при α = 1,4, мг/м ³ при н.у.
до 299 (до 420)	менее 0,6 0,6 – 2,5 более 2,5	0,06 0,06 – 0,10 0,10	1,76 1,76 – 2,93 2,93	150 150 – 250 250
300 и более (420 и более)	менее 0,6 0,6 – 2,5 более 2,5	0,02 0,02 – 0,06 0,06	0,59 0,59 – 1,76 1,76	50 50 – 150 150

Таблица 5 - Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов серы для котельных установок, вводимых на ТЭС с 1 января 2001 г., для твёрдых и жидких видов топлива

Тепловая мощность котлов Q, МВт _т (паропроизводительность котла D, т/ч)	Приведенное содержание серы S _{пр} , %·кг/МДж	Массовый выброс SO _x на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс SO _x , кг/ту.т.	Массовая концентрация SO _x в дымовых газах при α=1,4, мг/м ³ при н.у.
до 199 (до 320)	0,45 и менее более	0,5 0,6	14,7 17,6	1200 1400
200-249 (320-400)	0,45 и менее более	0,4 0,45	11,7 13,1	950 1050
250-299 (400-420)	0,45 и менее более	0,3 0,3	8,8 8,8	700 700
300 и более (420 и более)	-	0,3	8,8	700

Таблица 6 - Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов азота для котельных установок, вводимых на ТЭС с 1 января 2001 г.

Тепловая мощность котлов Q, МВт _т (паро-производительность котла D, т/ч)	Вид топлива	Массовый выброс NO _x на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс NO _x , кг/ту.т.	Массовая концентрация NO _x в дымовых газах при α = 1,4, мг/м ³ при н.у.
до 299 (до 420)	Газ	0,043	1,26	125
	Мазут	0,086	2,52	250
	Бурый уголь: твердое шлако-удаление	0,11	3,20	300
	жидкое шлако-удаление	0,11	3,20	300
	Каменный уголь: твердое шлако-удаление	0,17	4,98	470
	жидкое шлако-удаление	0,23	6,75	640
300 и более (420 и более)	Газ	0,043	1,26	125
	Мазут	0,086	2,52	250
	Бурый уголь: твердое шлако-удаление	0,11	3,20	300
	жидкое шлако-удаление	–	–	–
	Каменный уголь: твердое шлако-удаление	0,13	3,81	350
	жидкое шлако-удаление	0,21	6,16	570

Таблица 7 - Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксида углерода для котельных установок ТЭС

Вид топлива	Массовая концентрация СО в дымовых газах при α=1,4, мг/м ³ при н.у.
Газ	300,0
Мазут	300,0
Уголь:	
твердое шлакоудаление	400,0
жидкое шлакоудаление	300,0

В настоящее время это единственные действующие нормативы удельных выбросов. Поскольку Россия ставит перед собой задачу гармонизации экологических стандартов с стандартами стран ЕС, рассмотрим нормативы стран ЕС, касающиеся новых и действующих установок и сравним их с нормативами РФ для вновь вводимого и реконструируемого оборудования, установленными ГОСТ Р 50831-95.

4.2 С 1988 года энергетики стран, входивших в ЕС, руководствовались Директивой 88/609/ЕС [20], которая устанавливала требования по допустимым удельным выбросам оксидов азота, сернистого ангидрида и твердым частицам для котельных установок.

Однако, в связи с подписанием в г. Gotthenburg Протокола по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния, в 2001 г. была принята Директива 2001/80/ЕС [3].

Директива ограничивает удельные выбросы основных загрязнителей, образующихся при сжигании органического топлива в крупных установках тепловой мощностью более 50 МВт_т. Значения нормативов удельных выбросов загрязняющих веществ устанавливаются при нормальных условиях (температура 0°С и давление 101,3 кПа): при сжигании твердого топлива - при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,4$ (содержание кислорода $O_2 = 6\%$); при сжигании газообразного и жидкого топлив – $\alpha = 1,167$ (содержание кислорода $O_2 = 3\%$). При этом, также как и в России, концентрации газообразных выбросов приводятся на сухие газы.

Поскольку указанные директивы являются «рамочными», они допускают индивидуальный подход в отдельных странах, входящих в ЕС.

Надо отметить, что директива предусматривает массу уступок, которые делаются для действующих котельных установок, расположенных в особых регионах, так называемых «Заморских территориях», это заморские департаменты Франции, Азорские острова, о. Мадейра (Португалия) и Канарские острова (Испания).

По выбросам загрязняющих веществ директива [3] устанавливает разные требования как для действующих, так и для новых установок.

4.3 6 января 2012 года вступила в силу Директива 2010/75/ЕС [4]. Европейское Сообщество вновь пересматривает стандарты, касающиеся основных загрязнителей, образующихся при сжигании органического топлива в крупных установках тепловой мощностью более 50 МВт_т. Все значения удельных выбросов также, как и в Директиве 2001/80/ЕС, приводятся при нормальных условиях и коэффициентах избытка воздуха $\alpha=1,4$ при сжигании твердого топлива и $\alpha=1,167$ - для газообразного и жидкого топлива. Эти стандарты действуют в настоящее время и, как все стандарты ЕС, предусматривают некоторые исключения.

Для котельных установок, получивших лицензию до 7 января 2013 г. и пущенных в эксплуатацию до 7 января 2014 г., а также для котельных установок, которые будут действовать после 01.01.2016 г., предельные значения удельных выбросов сернистого ангидрида, оксидов азота, оксида углерода и твердых частиц принимаются в соответствии с таблицами 8-16.

Таблица 8 - Предельные концентрации (мг/м³) сернистого ангидрида при использовании твердого и жидкого топлива для установок, получивших лицензию до 7 января 2013 г. и пущенных в эксплуатацию до 7 января 2014 г.

Тепловая мощность котельной установки, МВт _т	Уголь и другие твердые топлива	Биомасса	Торф	Жидкое топливо
50-100	400	200	300	350
100-300	250	200	300	250
> 300	200	200	200	200

Примечание - Установки, получившие лицензию до 27 ноября 2002 г. и пущенные в эксплуатацию до 27 ноября 2003 г., и работающие не более 1500 часов в году (средняя величина за 5 лет), не должны превышать предельные значения SO₂ – 850 мг/м³ для установок 300 МВт_т и менее и 400 мг/м³ для установок более 300 МВт_т.

Таблица 9 - Предельные значения концентрации (мг/м^3) сернистого ангидрида при использовании твердого и жидкого топлива (за исключением газовых турбин и газовых двигателей), которые будут действовать после 01.01.2016 г.

Тепловая мощность установки, МВт_T	Каменный и бурый уголь и др. твердое топливо	Биомасса	Торф	Жидкое топливо
50-100	400	200	300	350
100-300	200	200	300 250 – для котлов с кипящим слоем	200
> 300	150 200 – для котлов с циркулирующим кипящим слоем или котлов с кипящим слоем под давлением	150	150 200 – для котлов с кипящим слоем	150

Таблица 10 - Предельные значения концентрации (мг/м^3) оксидов азота при использовании твердого и жидкого топлив, получивших лицензию до 7 января 2013 г. и пущенных в эксплуатацию до 7 января 2014 г.

Тепловая мощность котельной установки, МВт_T	Уголь и другие твердые топлива	Биомасса и торф	Жидкое топливо
50-100	300 - каменный уголь	300	450
	400 - бурый уголь		
100-300	200	250	200*
> 300	200	200	150*

* Установки, получившие лицензию до 27 ноября 2002 г. и пущенные в эксплуатацию до 27 ноября 2003 г., не должны превышать предельные значения выбросов $\text{NO}_x - 450 \text{ мг/м}^3$.

Примечания:

1 Установки мощностью менее 500 МВт_T , использующие жидкое и твердое топлива, получившие лицензию до 27 ноября 2002 г., пущенные в эксплуатацию до 27 ноября 2003 г. и работающие не более 1500 часов в году (средняя величина за 5 лет), не должны превышать предельные значения $\text{NO}_x - 450 \text{ мг/м}^3$.

2 Установки мощностью более 500 МВт_T , сжигающие твердое топливо, получившие лицензию до 1 июля 1987 г и работающие не более 1500 часов в году (средняя величина за 5 лет), не должны превышать предельные значения $\text{NO}_x - 450 \text{ мг/м}^3$.

3 Установки мощностью более 500 МВт_T , сжигающие жидкое топливо, получившие разрешение до 27 ноября 2002 г., пущенные в эксплуатацию до 27 ноября 2003 г. и работающие не более 1500 часов в году (средняя величина за 5 лет), не должны превышать предельные значения $\text{NO}_x - 400 \text{ мг/м}^3$.

Таблица 11 - Предельные значения концентрации (мг/м^3) оксидов азота и оксида углерода для котельных установок, сжигающих газ, которые будут действовать после 01.01.2016 г.

	NO_x	CO
Котельные установки, сжигающие природный газ	100	100

Таблица 12 - Предельные значения концентрации (мг/м^3) оксидов азота для котельных установок при использовании твердых и жидких топлив (за исключением газовых турбин), которые будут действовать после 01.01.2016 г.

Тепловая мощность котельной установки, МВт_T	Уголь и другие твердые топлива	Биомасса и торф	Жидкое топливо
50-100	300 - каменный уголь 400 - бурый уголь	250	300
100-300	200	200	150
> 300	150 200 - бурый уголь	150	100

Таблица 13 - Предельные значения концентрации (мг/м^3) твердых частиц для котельных установок, сжигающих твердое или жидкое топлива (кроме газовых турбин и газовых двигателей), вводимых после 07.01.2013 г.

Тепловая мощность установки, МВт_T	Каменный и бурый уголь и др. твердое топливо	Биомасса и торф	Жидкое топливо
50-100	30	30	30
100-300	25	20	25
> 300	20	20	20

Таблица 14 - Предельные значения концентрации (мг/м^3) твердых частиц для котельных установок при использовании твердых и жидких топлив (за исключением газовых турбин и газовых двигателей), которые будут действовать после 01.01.2016 г.

Тепловая мощность котельной установки, МВт_T	Предельные значения концентраций, мг/м^3
50-300	20
> 300	10 20 – для биомассы и торфа

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Законопроект № 584587-5 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования нормирования в области охраны окружающей среды и введения мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших технологий»

2 Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.

3 Директива 2001/80/ЕС «Об ограничении выбросов определенных загрязнителей в воздух от крупных установок, сжигающих топливо»

4 Директива 2010/75/ЕС ЕС «О промышленных выбросах» (о комплексном предупреждении и контроле загрязнений)

5 Директива Европейского парламента и Совета ЕС 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений» (Directive 96/61/EC of the European Parliament and of the Council of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control)

6 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).

7 Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды, 1993 г.

8 BREFs, Best available techniques REference document (Европейские справочники по НДТ)

9 ГОСТ Р 50831-95. Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования

10 Федеральный закон Российской Федерации «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 04.05.1999 г.

- 11 РД 153-34.02.303-98. Инструкция по нормированию выбросов в атмосферу для тепловых электростанций и котельных
- 12 РД 153-34.02.303-98. Инструкция по инвентаризации выбросов в атмосферу загрязняющих веществ ТЭС и котельных. СПО ОРГРЭС, М., 1998 г.
- 13 РД 34.02.305-98. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС
- 14 РД 153-34.02.306-96. Правила организации контроля выбросов на тепловых электростанциях и котельных. 1997 г.
- 15 Методика расчета и установления максимально допустимых удельных выбросов для действующих котельных установок ТЭС: согл. Ростехнадзором: введ. в действие 01.10.2008. – М., ОАО «ВТИ», 2008. – 26 с.
- 16 ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями - введ. 1980-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 14 с.
- 17 Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, Женева, 13 нояб. 1979 г.
- 18 СН 369-74. Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий – Взамен СН 369-74; введ. 1975-01-01. – М., Изд-во Госстрой СССР, 1975. – 40 с.
- 19 ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий – Взамен СН 369-74; введ. 1987-01-01. - Ленинград, Изд-во Гидрометеоиздат, 1987. – 95 с.
- 20 Директива 88/609/ЕЕС «Об ограничении выбросов определенных загрязнителей в воздух от крупных установок, сжигающих топливо»