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 ТЭС**

**Курс лекций**

**(подготовлен в рамках работ по Соглашению №14.U02.21.0665 от**

**17 августа 2012 г.)**

Москва 2013

Курс лекций «Нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС» подготовлен специалистами ОАО «ВТИ» по Соглашению № 14.U02.21.0665от 17 августа 2012г. Лекции читаются для повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров персонала компаний, работающих в энергетике, других организаций, работающих в области экологии энергетики, занимающихся вопросами нормирования в энергетике, а также для обучения студентов профильных ВУЗов и аспирантов.

Настоящий курс лекций касается анализа российского и зарубежного законодательства, существующего положения по нормативам удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС, разъясняет подходы к классификации котельных установок и разработке нормативов удельных выбросов.

В подготовке курса лекций принимали участие сотрудники ОАО «ВТИ»:

О.Н. Брагина, А.Н. Чугаева, А.А. Иванова, Т.Н. Мячина, Н.В. Кумпан, О.А. Киселева.

1. Анализ российского и зарубежного законодательства по требованиям к удельным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС.

Вступление Росси 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».

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».

В действующем в настоящее время законе «Об охране окружающей среды» 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 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 для существующих котельных установок тепловой мощностью до 100 МВтт, сжигающих твердое топливо, предельная концентрация сернистого ангидрида (SO2) принимается равной 2000 мг/м3 ( при нормальных условиях –температура 0°С и давление 101,3 кПа,) для установок тепловой мощностью 100-500 МВтт - линейное снижение от 2000 до 400 мг/м3.. 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 SO2. 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 (установка сероочистки на котлах малой мощности) 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 2001/80/ЕС и 2010/75/ЕС, 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 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, содержащие пошаговое описание НДТ для каждой из отраслей промышленности, перечисленных в Приложении I "Виды производственной деятельности, упоминаемые в Статье 1" этих Директив. 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 «Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования», где указаны нормативы удельных выбросов для вновь вводимых котельных установок, но нет показателей для действующих установок, введенных до 2000 г.

ГОСТ Р 50831-95 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, МВтт(паропроизводительность котла D, т/ч) | Приведенное содержание золы Апр, %∙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/м3 при н.у. |
| до 299(до420) | менее 0,60,6-2,5более 2,5 | 0,060,06-0,200,20 | 1,761,76-5,865,86 | 150150-500500 |
| 300 и более(420 и более) | менее 0,60,6-2,5более 2,5 | 0,040,04-0,160,16 | 1,181,18-4,704,70 | 100100-400400 |

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, МВтт (паро-производитель-ность котла D, т/ч) | Приведенное содержание серы Sпр, %∙кг/МДж | Массовый выброс SOХ на единицу тепловой энергии, г/МДж | Массовый выброс SOХ,кг/ту.т. | Массовая концентрация SOХ в дымовых газах при α=1,4, мг/м3 при н.у. |
| до 299(до 420) | 0,045 и менееболее 0,045 | 0,8751,5 | 25,744,0 | 20003400 |
| 300 и более(420 и более) | 0,045 и менееболее 0,045 | 0,8751,3 | 25,738 | 20003000 |

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тепловая мощ-ность котловQ, МВтт (паропроизво-дительность котла D, т/ч) | Вид топлива | Массовый выброс NOХ на единицу тепловой энергии, г/МДж | Массовый выброс NOХ,кг/т у.т. | Массовая концентрация NOХ в дымовых газах при α = 1,4, мг/м3 при н.у. |
| до 299(до 420) | ГазМазутБурый уголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудалениеКаменный уголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудаление | 0,0430,0860,120,130,170,23 | 1,262,523,503,814,986,75 | 125250320350470640 |
| 300 и более(420 и более) | ГазМазутБурый уголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудалениеКаменный уголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудаление | 0,0430,0860,14–0,200,25 | 1,262,523,95–5,867,33 | 125250370–540700 |

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, МВтт (паропроизводительность котла D, т/ч) | Приведенное содержание золы,Апр,%∙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/м3 при н.у. |
| до 299(до 420) | менее 0,60,6 – 2,5более 2,5 | 0,060,06 – 0,100,10 | 1,761,76 – 2,932,93 | 150150 – 250250 |
| 300 и более(420 и более) | менее 0,60,6 – 2,5более 2,5 | 0,020,02 – 0,060,06 | 0,590,59 – 1,761,76 | 5050 – 150150 |

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, МВтт (паропроизводительность котла D, т/ч) | Приведенное содержание серы Sпр,%∙кг/МДж | Массовый выброс SOХ на единицу тепловой энергии,г/МДж | Массовый выброс SOХ,кг/ту.т. | Массовая концентрация SOХ в дымовых газах при α=1,4,мг/м3 при н.у. |
| до 199(до 320) | 0,45 и менее более | 0,50,6 | 14,717,6 | 12001400 |
| 200-249(320-400) | 0,45 и менее более | 0,40,45 | 11,713,1 | 9501050 |
| 250-299(400-420) | 0,45 и менее более | 0,30,3 | 8,88,8 | 700700 |
| 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, МВтт (паропроизводительность котла D, т/ч) | Вид топлива | Массовый выброс NOХ на единицу тепловой энергии, г/МДж | Массовый выброс NOХ,кг/ту.т. | Массовая концентрация NOХ в дымовых газах при α = 1,4, мг/м3 при н.у. |
| до 299(до 420) | ГазМазутБурый уголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудалениеКаменный уголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудаление | 0,0430,0860,110,110,170,23 | 1,262,523,203,204,986,75 | 125250300300470640 |
| 300 и более(420 и более) | ГазМазутБурый уголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудалениеКаменный уголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудаление | 0,0430,0860,11–0,130,21 | 1,262,523,20–3,816,16 | 125250300–350570 |

Таблица 7 - Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксида углерода

##### для котельных установок ТЭС

|  |  |
| --- | --- |
| Вид топлива | Массовая концентрация СОв дымовых газах при α=1,4, мг/м3 при н.у. |
| ГазМазутУголь:твердое шлакоудалениежидкое шлакоудаление | 300,0300,0400,0300,0 |

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

Для сравнения, рассмотрим законодательство стран, входящих в ЕС. С 1988 года энергетики этих руководствовались Директивой 88/609/ЕС , которая устанавливала требования по допустимым удельным выбросам оксидов азота, сернистого ангидрида и твердым частицам для котельных установок.

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

Директива ограничивает удельные выбросы основных загрязнителей, образующихся при сжигании органического топлива в крупных установках тепловой мощностью более 50 МВтт. 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 α = 1,4 (содержание кислорода О2= 6%); при сжигании газообразного и жидкого топлив – α = 1,167 (содержание кислорода О2= 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 2001 г. устанавливает разные требования как для действующих, так и для новых установок.

6 января 2012 года вступила в силу Директива 2010/75/ЕС. Европейское Сообщество вновь пересматрело стандарты, касающиеся основных загрязнителей, образующихся при сжигании органического топлива в крупных установках тепловой мощностью более 50 МВтт. Все значения удельных выбросов также, как и в Директиве 2001/80/ЕС, приводятся при нормальных условиях и коэффициентах избытка воздуха α=1,4 при сжигании твердого топлива и α=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,МВтт | Уголь идругие 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/м3для установок 300 МВтт и менее и 400 мг/м3 для установок более 300 МВтт.

Таблица 9 - Предельные значения концентрации (мг/м3) сернистого ангидрида при использовании твердого и жидкого топлива (за исключением газовых турбин и газовых двигателей), которые будут действовать после 01.012016 г.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тепловая мощность установки, МВтт | Каменный и бурый уголь и др. твердое топливо | Биомасса | Торф | Жидкое топливо |
| 50-100 | 400 | 200 | 300 | 350 |
| 100-300 | 200 | 200 | 300250 – для котлов с кипящим слоем | 200 |
| > 300 | 150200 – для котлов с циркулирующим кипящим слоем или котлов с кипящим слоем под давлением | 150 | 150200 – для котлов с кипящим слоем | 150 |

Таблица 10 - Предельные значения концентрации (мг/м3) 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, МВтт | Уголь идругие твердые топлива | Биомасса и торф | Жидкое топливо |
| 50-100 | 300 - каменный уголь 400 - бурый уголь | 300 | 450 |
| 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 NOx – 450 мг/м3. |

Примечания:

1 Установки мощностью менее 500 МВтт, 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 NOx – 450 мг/м3.

2 Установки мощностью более 500 МВтт, 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 NOx – 450 мг/м3.

3 Установки мощностью более 500 МВтт, 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 NOx – 400 мг/м3.

Таблица 11 - Предельные значения концентрации (мг/м3) оксидов азота и оксида углерода для котельных установок, сжигающих газ, которые будут действовать после 01.01.2016 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | NOx | СО |
| Котельные установки, сжигающие природный газ | 100 | 100 |

Таблица 12 - Предельные значения концентрации (мг/м3) оксидов азота для котельных установок при использовании твердых и жидких топлив (за исключением газовых турбин), которые будут действовать после 01.012016 г.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тепловая мощность котельной установки, МВтт | Уголь идругие твердые топлива | Биомасса и торф | Жидкое топливо |
| 50-100 | 300 - каменный уголь 400 - бурый уголь | 250 | 300 |
| 100-300 | 200 | 200 | 150 |
| > 300 | 150200 - бурый уголь | 150 | 100 |

Таблица 13 - Предельные значения концентрации (мг/м3) 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, МВтт | 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/м3) 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,МВтт | Предельные значения концентраций, мг/м3 |
| 50-300 | 20 |
| > 300 | 1020 – для биомассы и торфа |

1. Анализ существующего положения по удельным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу от действующих котельных установок ТЭС

Анализ существующего состояния котельных установок на тепловых электростанциях РФ, 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 сосостояние);

- 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.

В настоящее время ни одна котельная установка ТЭС России не оснащена сероулавливающими установками, широкое внедрение для подавления оксидов азота в топках котлов используются технологические методы, азотоулавливающие установки только начинают отрабатываться для улавливания оксидов азота. Электрофильтрами для улавливания твердых частиц оснащено 19,9% котельных установок, 55,2% – мокрыми аппаратами, 17,5% – сухими инерционными аппаратами и 7,4% – комбинированными аппаратами.

Фактические концентрации золы углей в уходящих газах котельных установок, сжигающих различные виды углей, в зависимости от типа золоулавливающих установок колеблются от 53 мг/м3 до 12887 мг/.

Сравнение фактических концентраций (удельных выбросов золы) с нормативами РФ и нормативами ЕС для котельных установок показало необходимость для большинства ТЭС модернизации золоулавливающих установок или замены действующих на более современные ЗУУ.

В зависимости от качества сжигаемого угля (приведенной сернистости) и вида шлакоудаления значения фактических концентраций сернистого ангидрида в уходящих газах действующих котельных установок (всего 919 к/у) колеблются от 338 до 7258 мг/м3.

Сравнение фактических удельных выбросов сернистого ангидрида от котельных установок с утвержденными нормативами РФ и нормативами ЕС показало, что на 406 котельных установках (44% от всех действующих к/у) не выполняются нормативы РФ, предъявляемые к вновь вводимому оборудованию. В то же время на 845 котельных установках (92% от всех действующих к/у) выполняются нормативы РФ, предъявляемые к реконструируемым котельным установкам.

Сравнение фактических удельных выбросов оксидов азота с нормативами показало, что представленные нормативы для котельных установок, работающих на угле, выполняются:

- нормативы РФ, предъявляемые к реконструируемым котельным установкам - на 35 котельных установках;

- нормативы РФ, предъявляемые к вновь вводимому оборудованию - на 27 котельных установках;

- нормативы ЕС 2001 г. - на 44 котельных установках;

- нормативы ЕС 2010 г. - на 20 котельных установках.

На остальных котельных установках для выполнения нормативов удельных выбросов оксидов азота, действующих в РФ и в странах ЕС, необходимы внедрение технологических мероприятий (30-50% снижения) или установкок азотоочистки (более 50% снижения).

Подход по определению удельных выбросов, представленный в данных лекциях, 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.

1. Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу для действующих котельных установок ТЭС

3.1 Общие положения

3.1.1 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.

3.1.2 Разработка нормативов удельных выбросов проводится в соответствии с требованиями природоохранного законодательства.

3.1.3 Определение перечня загрязняющих веществ, по которым устанавливаются нормативы удельных выбросов для котельных установок (котлоагрегатов) ТЭС, проводится на основе ГОСТ Р 50831-95, Директивы 2001/80/ЕС и Директивы 2010/75/ЕС.

Для ТЭС, сжигающих газообразное топливо, такими веществами являются: оксиды азота (NOх)[[1]](#footnote-1), оксид углерода (СО); для ТЭС, сжигающих жидкое топливо – оксиды азота, сернистый ангидрид (SO2), оксид углерода, мазутная зола; для ТЭС, сжигающих твердое топливо - оксиды азота, сернистый ангидрид, оксид углерода, твердые вещества.

3.1.4 Разработка нормативов удельных выбросов проводится с использованием действующих нормативно-методических документов по нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от ТЭС.

3.1.5 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 α=1,4 и нормальных условиях - температуре 0°С, давлении 101,3 кПа), мг/м3.

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

3.2.1 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 З-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.

3.2.2 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[[2]](#footnote-2) или рассчитанная концентрация загрязняющего вещества при наихудших условиях работы котлоагрегата, мг/м3 при н.у.

3.2.3 Максимальные выбросы оксидов азота и оксида углерода определяются по максимальным замеренным концентрациям этих веществ; максимальные выбросы твердых частиц, диоксида серы определяются балансово-расчетным методом.

3.2.3.1 Максимальные выбросы оксидов азота от котлоагрегата определяются по формуле:

МNОx = μNОx·∑(Vсгi· Bi) · 10-3, г/с, (1)

где μNОx – замеренная\* концентрация оксидов азота в пересчете на NO2 в

уходящих газах котлоагрегата при его максимальной нагрузке при сжига-

нии i-го вида топлива (или смеси топлив), мг/м3 при н.у.;

Vсгi - удельный объем сухих дымовых газов, образующихся при сгорании 1 кг (1 м3 при н.у.) i-го вида топлива, при α = 1,4, м3/кг топлива (м3/м3 топлива) при н.у.;

Bi - расход i-го вида топлива на котлоагрегате при максимальной нагрузке, кг/с (м3/с).

3.2.3.2 Максимальный выброс оксида углерода от котлоагрегата определяется по формуле:

МСО = μСО·∑(Vсгi· Bi) · 10-3, г/с,(2)

где μСО – замеренная концентрация оксида углерода в уходящих газах котлоагрегата при его максимальной нагрузке при сжигании i-го вида топлива (или смеси топлив), мг/м3 при н.у.

3.2.3.3 Максимальный выброс диоксида серы от котлоагрегата определяется по формуле:

МSO2 = 0,02 Bi ⋅Sr⋅(1 - η′SO2)⋅(1 - η″SO2) ·103, г/с, (3)

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

 η′SO2 - доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;

 η″SO2 - доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц.

3.2.3.4 Максимальный выброс твердых частиц от котлоагрегата определяется по формуле:

 Ar

Мтв = Bi ⋅ ⎯⎯⎯⎯ ⋅ aун ⋅ (1 - ηз) ⋅103, г/с, (4)

100 - Гун

где Ar - максимальная зольность топлива на рабочую массу, %;

aун - доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

ηз - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях;

Гун - содержание горючих в уносе, %.

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

 Vсг = V0г + (α - 1) V0 - V0H2O, (5)

где V0, V0г и V0H2O  - соответственно, удельный объем воздуха, удельный объем дымовых газов и водяных паров при стехиометрическом сжигании 1 кг (1 м3) топлива, м3/кг (м3/м3) при н.у.;

α - коэффициент избытка воздуха.

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

V0 = 0,0889 ⋅ (Cr + 0,375 Srор+к) + 0,265 ⋅Hr - 0,0333 ⋅ Or  (6)

V0H2O = 0,111⋅Hr + 0,0124 ⋅Wr + 0,0161⋅ V0  (7)

V0г = VRO2 + V0N2 + V0H2O =

 Cr + 0,375 Srор+к Nr

= 1,866 ⋅ ⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯⎯ + 0,79 ⋅V0 + 0,8 ⋅ ⎯⎯ + V0H2O,  (8)

 100 100

где Cr, Srор+к , Hr, Or, Nr - соответственно, содержание углерода, серы

(органической и колчеданной), водорода, кислорода и азота в рабочей массе топлива, %;

Wr - влажность рабочей массы топлива, %.

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

V0 = 0,0476 ⋅ [0,5⋅CO + 0,5⋅H2 + 1,5⋅H2S + ∑(а + б /4) ⋅CаHб - O2]  (9)

V0H2O = 0,01⋅ [H2 + H2S + 0,5⋅∑ б⋅CаHб + 0,124⋅dг.тл.] + 0,0161⋅V0  (10)

Nr

V0г = 0,01 ⋅ [CO2 + CO +H2S +∑ а⋅CаHб] + 0,79 ⋅V0 + ⎯⎯ + V0H2O,  (11)

 100

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

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

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

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

Vвл = V0г + (α - 1) V0  (12)

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

M

n = ⎯⎯⎯⎯ , г/МДж, (13)

Bi ⋅ Qri

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

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

m = n ⋅ Qrусл.топл., г/кг у.т. (14)

где Qrусл.топл. – теплота сгорания условного топлива, равная 29,3 МДж/кг у.т.

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

3.7 Концентрация диоксида серы рассчитывается по формуле:

МSO2

μSО2 = ⎯⎯⎯, мг/м3 при н.у. (15)

 Vсг · Bi

3.8 Концентрация твердых частиц рассчитывается по формулам:

Мтв

 μтв = ⎯⎯⎯, мг/м3 при н.у. (16)

 Vвл · Bi

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.

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 частиц на 1 кг сжигаемого натурального топлива, М', г/кг, производится по формулам (3), (4) при условии Bi = 1 кг.

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

Qrусл.топл

 m'у.т. = М' ⎯⎯⎯⎯, г/кг у.т. (17)

 Qri

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

М'

 μ'= ⎯⎯⎯ · 103 , мг/м3 при н.у., (18)

V

где V - Vсг – для диоксида серы и Vвл – для твердых частиц, м3/кг при н.у.

1. NOх - сумма оксидов азота в пересчете на NO2. [↑](#footnote-ref-1)
2. Рассматриваются наибольшие концентрации, замеренные на котельной установке при:

- проведении инвентаризации;

- проведении производственного контроля;

- анализе результатов измерений, вошедших в состав режимных карт котлоагрегата. [↑](#footnote-ref-2)