

Трибуховская К.Е., студент
Научный руководитель: Катин Д.В.
Профессор кафедры «Техносферная безопасность»
ФГБОУ ВО ДВГУПС в г. Хабаровск, Россия

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ИЗ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ НПЗ В АТМОСФЕРУ

Аннотация: статья посвящена исследованию методов сокращения вредных выбросов из трубчатых печей. Дана характеристика массовых выбросов вредных веществ на НПЗ. Рассмотрены методы снижения выбросов оксидов азота при сжигании топлива в нефтезаводских печах.

Ключевые слова: трубчатые печи, сжигание топлива, оксид азота, предприятие.

Tribukhovskaya K.E., student
Scientific supervisor: Katin D.V.
Professor of the Technosphere Safety Department
Natural Science Institute
FSFEI HE DVGUPS in Khabarovsk, Russia

ANALYSIS OF METHODS FOR REDUCING EMISSIONS OF NITROGEN OXIDES FROM TUBULAR FURNACES OF REFINERIES INTO THE ATMOSPHERE

Annotation: The article is devoted to the study of methods for reducing harmful emissions from tubular furnaces. The characteristics of mass emissions of harmful substances at refineries are given. Methods of reducing emissions of nitrogen oxides during fuel combustion in refinery furnaces are considered.

Keywords: tubular furnaces, fuel combustion, nitrogen oxide, enterprise.

Наиболее актуальной проблемой современности на сегодня остаётся охрана воздушного бассейна от токсикологических загрязнений, и от её решения зависит здоровье и жизнь людей. По данным Всемирной организации здравоохранения 80% заболеваний обусловлены загрязнением воздуха.

Поэтому вопросам, связанным с защитой окружающей природной среды, придается в нашей стране большое значение. Об этом свидетельствуют Федеральные законы РФ "Об охране окружающей среды" и "Об охране атмосферного воздуха", которые регламентируют комплекс вопросов, связанных с выбросами вредных веществ в атмосферу, устанавливая ответственность за недопустимое загрязнение атмосферного воздуха [1, 2].

Значительная часть современных технологических процессов предприятий нефтепереработки создает экологический риск. В последнее время все острее поднимается вопрос обеспечения экологической безопасности различных производств, и уже сейчас перспективность новых технологий должна представляться с учетом взаимосвязанных с ними негативных экологических последствий загрязнения окружающей среды [2].

В этой связи нефтеперерабатывающие предприятия оказывают заметное влияние на состояние природной среды. Нефтепереработка и нефтехимия по загрязнению воздушного бассейна занимает примерно шестое место среди других отраслей промышленности [3]. Это связано в первую очередь с сжиганием топлива в трубчатых печах, являющихся головным оборудованием технологических установок нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ). В настоящее время на заводах отрасли эксплуатируется около 1500 технологических печей, в которых сжигается 6-8% газообразного и жидкого топлива от общего количества перерабатываемой нефти [4; 5]. В составе нефтезаводских печей находятся в эксплуатации десятки тысяч горелочных устройств, являющихся источниками загрязнения воздуха. До настоящего времени в отрасли недостаточно изучено влияние конструкции топочно-

горелочных устройств и метода сжигания топлива на образование токсичных компонентов в продуктах сгорания.

Установлено, что при совместном или отдельном сжигании жидкого и газообразного топлива в печах в атмосферный воздух поступают с продуктами сгорания такие вредные вещества, как оксиды азота и серы, сажистые частицы, оксид углерода и углеводороды, в том числе полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), представителем которых является бензапирен, обладающий канцерогенным воздействием. По данным [3], все выбросы в атмосферу на НПЗ можно подразделить на массовые и немассовые. В таблице 1 приведены наиболее характерные выбросы загрязняющих веществ и их доля в суммарном выбросе [6].

Без сомнения, внимание проектировщиков и производителей любого НПЗ сосредоточено главным образом на наиболее массовых и опасных выбросах. К ним, как видно из табл.1, относятся углеводороды. При сжигании топлива образуются оксиды азота, серы, оксид углерода и ряд других вредных веществ. Только в последнее время стали направляться усилия технологов и эксплуатационников с целью уменьшения их выбросов в атмосферу.

Таблица 1

Характеристика массовых выбросов вредных веществ на НПЗ

Наименование веществ	Химическая формула	Суммарный выброс на 1 т нефти, кг	Доля вещества в суммарном выбросе, %
Оксид углерода	CO	1,50	12,7
Диоксид серы	SO ₂	1,08	9,2
Диоксид азота	NO ₂	0,41	3,0
Углеводороды	C _m H _n	8,70	74,0

Существуют два основных направления снижения NO_x в продуктах сжигания:

- технологическое усовершенствование сжигания топлива, очистка дымовых газов от оксидов азота.

Методы снижения выбросов оксидов азота по технологическому усовершенствованию:

- интенсификация теплообмена в топке при сжигании топлива;
- рециркуляция части отходящих газов в зону горения;
- сжигание топлива с малым избытком дутьевого воздуха;
- ступенчатое сжигание топлива;
- впрыск пара или воды в зону горения;
- сжигание жидкого топлива в виде водомазутной эмульсии;
- совместное использование нескольких методов.

Метод сжигания топлива с малыми избытками воздуха является наиболее рациональным для эксплуатационников, обслуживающих печи, т. к. наряду с экологическим эффектом позволяет повысить КПД печного агрегата, а при сжигании серосодержащего топлива также уменьшить интенсивность коррозии хвостовых поверхностей нагрева.

Исследования влияния режимных факторов на содержание вредных веществ в продуктах сгорания газа и мазута показали, что снижение выхода NO_x и расхода топлива в трубчатой печи возможно только за счет оптимизации топочного режима и организации надлежащего контроля за процессом горения по содержанию O₂ в дымовых газах. Дополнительные затраты при этом незначительны и быстро окупаются снижением расхода дорогостоящего топлива. Для обеспечения работы печи с малыми избытками воздуха должно быть проведено дополнительное уплотнение топочной камеры, на каждой горелке установлены расходомеры топлива и воздуха, а также автоматика процесса горения. Таким образом, мероприятия, направленные на повышение экономичности использования топлива в трубчатых печах совпадают с путями сокращения вредных выбросов. В связи с этим на НПЗ значительная роль должна отводиться наряду с технологическим контролем теплотехническому контролю топочного режима

работы печи. При этом обслуживающему персоналу в режимных картах необходимо регистрировать избыток воздуха, температуру и состав уходящих газов [7].

Другим путем экономии топлива, а следовательно и уменьшения валового выброса токсичных продуктов сгорания, является утилизация теплоты уходящих газов. Добавим только, что максимальную степень утилизации теплоты продуктов сгорания трубчатых печей, работающих на бес-сернистом топливе, с дополнительной экономией топлива, достигающей 10-15%, можно обеспечить путем дооборудования их за традиционными воздухоподогревателями контактными экономайзерами конструкции НИИСТ [8].

Экономии основного топлива можно добиться при совместном сжигании газа или мазута с различными жидкими горючими отходами нефтеперерабатывающих производств. Так, выше была подтверждена экологическая эффективность сжигания обводненных жидких отходов в виде ВМЭ, что позволяет решить на предприятиях нефтепереработки проблему охраны окружающей среды от загрязнения.

Метод сжигания газа или мазута с рециркуляцией части продуктов сгорания заключается в том, что дымовые газы в количестве 15-20% от общего объема забираются из хвостовой части печи специальным дымососом и подаются в топку. Подача рециркулирующих продуктов сгорания может осуществляться через шлицы перед горелками, через кольцевой канал вокруг горелок или путем подмешивания дымовых газов в воздух перед горелками.

Как показали результаты исследований [7], наиболее эффективен применительно к котлам и печам последний способ, при котором происходит максимальное снижение температуры в зоне горения. Если обозначить степень рециркуляции, определяемую соотношением $\gamma = V_{\text{рец}}/V_{\text{отб}}$, то с увеличением суммарного объема

Применительно к трубчатым печам НПЗ из всех способов подавления образования NO, указанный метод впрыска пара или воды в факел является

наиболее доступным и эффективным. Он предусматривает подачу пара или воды в количестве 3-5% от расхода топлива в корень факела, что по аналогии с вводом рециркулирующих газов, также приводит к снижению максимальной температуры в зоне горения. Отметим универсальность данного метода, которая заключается в возможности использования пара из существующей системы паротушения трубчатых печей в качестве впрыскиваемой среды. Названный способ эффективен не только для подавления NO_x , но и образования оксида углерода, сажи и углеводородов за счет увеличения их скорости выгорания вследствие повышения концентраций в зоне горения радикалов Н и ОН. Таким образом, вариант малоотходной технологии сжигания топлива в трубчатой печи путем впрыска пара или воды в факел является простым и удачным способом, сочетающим экономические и экологические требования. По сравнению с обычным сжиганием газа или мазута впрыск влаги в зону горения позволяет на 10% снизить выбросы NO_x .

Двухступенчатое сжигание топлива является одним из значимых методов регулирования топочных режимов и одновременно снижения образования оксидов азота в топочных процессах. В отличие от традиционного одноступенчатого сжигания, топливо сжигается в двух ступенях, подводом на каждую ступень только части воздуха, необходимого для сгорания топлива: в зону (ступень) I горения подается количество воздуха меньше теоретически необходимого, т.е, а в зону (ступень) II - остальное количество воздуха, необходимого для полного сгорания топлива. В результате наблюдается снижение максимальной температуры в зоне горения и снижение концентрации атомарного и молекулярного кислорода в ядре факела при недостатке окислителя, что способствует уменьшению скорости реакции образования оксида азота (NO) [9].

Применение двухступенчатого сжигания топлива для промышленных печей и котлов показывает, что эффективность его зависит от принятого общего коэффициента избытка воздуха и от коэффициентов избытка воздуха

в первой и во второй ступенях горения топлива. Как показывает анализ литературных данных, величины значительно влияют на образование термических и топливных оксидов азота, так как на первой ступени горения при $\alpha' < 1,0$ в высокотемпературной зоне факела количество кислорода оказывается недостаточным для окисления азотосодержащих компонентов топлива.

Известен способ сжигания топлива путем подачи в первую зону горения (горелки нижнего яруса) водомазутной эмульсии и воздуха с коэффициентом избытка $\alpha, < 1$ и отвода продуктов сгорания во вторую зону горения, с одновременной подачей в неё жидкого топлива и воздуха с коэффициентом избытка $\alpha, > 1$. При использовании этого способа достигается снижение концентрации оксидов азота в продуктах сгорания за счет уменьшения температуры в зоне горения вследствие поглощения теплоты водой, содержащейся в водомазутной эмульсии. Однако, данный способ обладает недостатком, заключающимся в том, что несмотря на низкую температуру в зоне горения, способствующую уменьшению образования оксидов азота за счет азота воздуха, выход их остается достаточно высоким за счёт наличия в ВМЭ связанного топливного азота.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному изобретению является способ сжигания топлива по авторскому свидетельству № 1229515. Данный способ заключается в том, что в первую зону горения подают топливо в виде ВМЭ с влажностью ($W_p = 10 - 15\%$) и воздух с коэффициентом избытка $\alpha, < 1$. Во вторую зону горения подают газо-образное топливо и воздух с коэффициентом избытка $\alpha, > 1$. При этом общий избыток воздуха, подаваемого в обе зоны горения, составляет $\alpha > 1$. Указанный способ позволяет снизить выход оксидов азота за счёт низкой температуры в зоне горения. Однако, этот способ также обладает существенным недостатком, связанным с низкой экологической эффективностью. Это можно объяснить тем, что в первой зоне горения при сжигании жидкого топлива в виде ВМЭ образуется повышенное количество оксидов азота вследствие высокого

содержания азота в жидком топливе, несмотря на более низкую температуру в зоне горения, создаваемую поглощением теплоты водой, содержащей в ВМЭ.

Анализ представленных методов сокращения выбросов оксидов азота показывает, что приоритетным направлением защиты окружающей среды становится повышение эффективности и дальнейшее совершенствование традиционных методов сжигания топлива при одновременном уменьшении образования токсичных и агрессивных веществ в дымовых газах.

Список используемых источников

1. Закон Российской Федерации "Об охране окружающей среды". - М., изд. "ПРИОР", 2002. - 48 с.
2. Закон РФ "Об охране атмосферного воздуха". М., - 1999. - 22 с.
3. Бахшиян Ц.А. Современные конструкции и опыт эксплуатации трубчатых печей. - М., 1991. - 57 с.
4. Трубчатые печи.//Каталог. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1985. - 35 с.
5. Абросимов А.А. Исследование, разработка и внедрение методов повышения уровня экологической безопасности неф-теперерабатывающего производства. // Автореферат дис. д-ра техн. наук. - М.: ГАНГ, 1998, - 48 с.
6. Катин В.Д., Маслевцова Т.Г. Защита атмосферы от выбросов вредных веществ из трубчатых печей и котлов на НПЗ./Об-зорная информация. М.; ЦНИИТЭнефтехим. 1988. Вып. 3 - 57 с.
7. Катин В.Д., Киселев И.Г. К вопросу экологической безопасности эксплуатации горелок и форсунок котельных и печных агрегатов./Тезисы докладов 38-ой Всероссийской научно-практической конференции ДВГАПС, Хабаровск, 1993 -С. 35 - 36.
8. Киселев И.Г., Катин В.Д., Использование метода ступенчатого сжигания топлива в трубчатых печах для подавления выбросов оксидов азота. // Сб. трудов Международного экологического конгресса. - Спб, 2000. - С. 232-233.