

# Использование сбросного газа с нефтехимических комплексов

## в качестве топливного газа на котлах электростанций

**Ш. У. ГАЙНУТДИНОВ** – начальник службы наладки и испытаний теплотехнического оборудования ООО Инженерный Центр «Энергопрогресс»

**И. Я. ФАЙЗУТДИНОВ** – инженер служба наладки и испытаний теплотехнического оборудования ООО Инженерный Центр «Энергопрогресс»

Для соблюдения природоохранных требований и обеспечения последующего коренного улучшения состояния окружающей среды, а также оптимизации хозяйственной деятельности на основе внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий требуется системный подход на основе усовершенствования материально-производственного цикла – от сырья до готового продукта и утилизации отходов производства. Этот цикл должен включать в себя создание замкнутой промышленной схемы малоотходного и экологически приемлемого производства. С этой целью рассматривается возможность сжигания сбросного газа с нефтехимических предприятий в энергетических котлах ТЭС.

# Д

ля решения практической задачи организации сжигания на энергооборудовании нового вида газообразного топлива, необходимо рассматривать все основные аспекты использования сбросного газа от нефтехимических предприятий на энергетических котлах ТЭС.

В отрасли сложились определенные концептуальные подходы в использовании на существующем энергооборудовании новых топлив. Предусматривается необходимость последовательного решения следующих задач:

**1) Оценка качества вновь поступающего топлива:**

- комплекс заявленных поставщиком физических, химических и теплотехнических показателей, их стабильность;
- соответствие их особенностям существующего оборудования: топочно-горелочным устройствам, теплообменным поверхностям;
- исследование особенности и структуры факела нового топлива при автономном горении и при сжигании в смеси с проектным топливом;
- экологичность топлива по условиям выделения загрязнителей при сжигании.

**2) Оценка значимости нового топлива в структуре сложившегося топливного баланса ТЭС:**

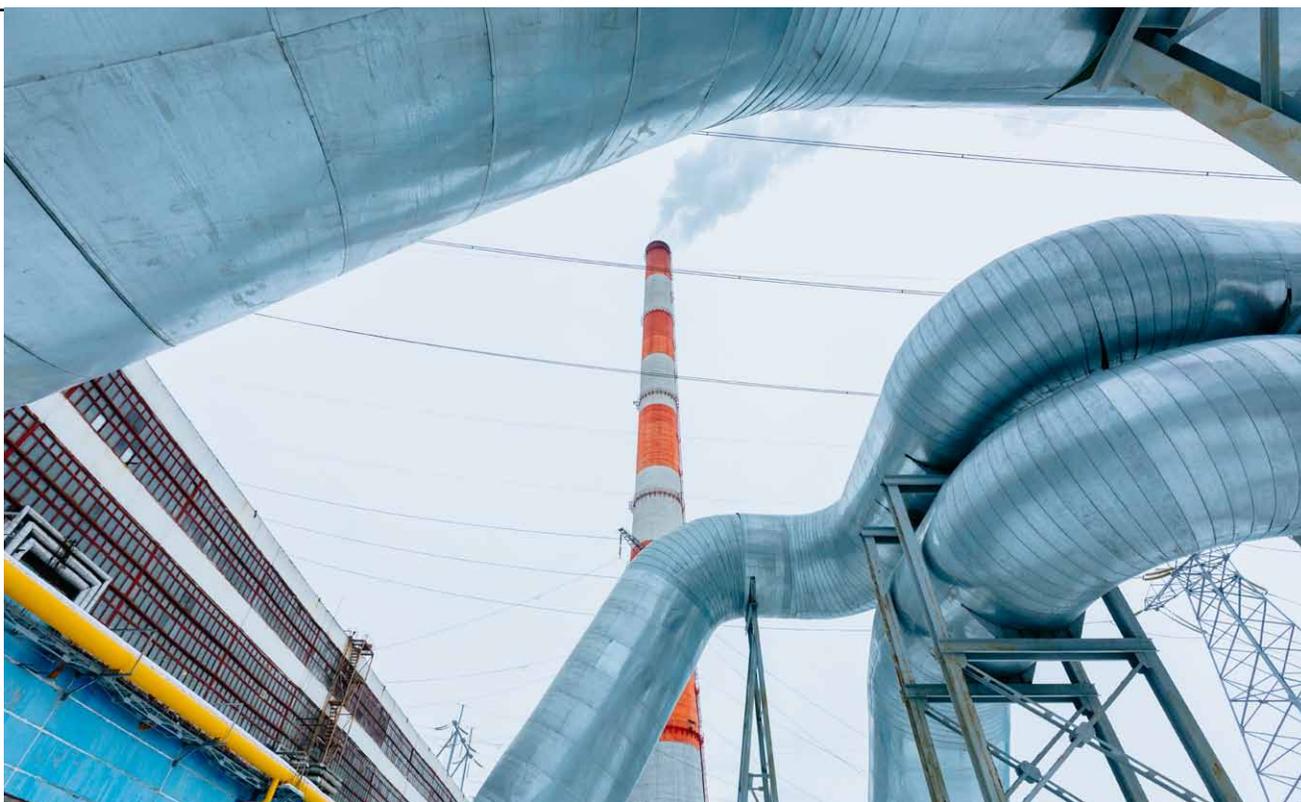
- объем поступления нового топлива;
- стабильность его поступления в течение суток и годовой кампании.

**3) Определение необходимости и характер реконструкции топочно-горелочных устройств, приспособив их для эффективного сжигания нового топлива в автономном режиме и в смеси с основным проектным топливом.**

**4) На основе полученной информации выработать оптимальные решения по распределению вновь поступающего топлива по котлам – по отдельной группе котлов либо подмешиванием ко всей массе проектного топлива.**

В конкретных условиях ТЭС необходимо учитывать особенности состава котельного оборудования, имеющиеся конструктивные различия горелочных устройств, особенности организации ремонта и работы в период спада нагрузки, отсутствие возможности исследовательских экспериментальных работ.

Это определяет характер, содержание и методику ведения подготовительных работ для последующей реализации проекта использования сбросного газа от нефтехимических предприятий на ТЭС.



## Характеристика сбросного газа от нефтехимических предприятий как энергетического топлива

### ■ Объем и режим поставки сбросного газа

В первую очередь определяется объем и режим поставки подачи сбросного газа на ТЭС, а также объем природного газа, замещаемый сбросным газом в годовом исчислении.

### ■ Состав сбросного газа от нефтехимических предприятий

Для сжигания сбросного газа на котлах ТЭС необходимо провести анализ компонентного состава горючих элементов.

Согласно Техническим условиям ТУ 0272-008-48671436-2014, компонентный состав газа не нормируется. В то же время в Технических условиях на подключение трубопровода и приема сбросного газа на ТЭС от нефтехимических комплексов нужно указать состав и характеристики сбросного газа.

### ■ Основные свойства сбросного газа

- плотность сбросного газа;
- теоретический удельный расход воздуха на сжигание сбросного газа;
- теоретический удельный выход продуктов сгорания сбросного газа;
- состав продуктов сгорания сбросного газа;
- адиабатная температура горения;
- определение диапазона горючей концентрации сбросного газа в смеси с воздухом;
- оценка температуры воспламенения сбросного газа;
- нормальная скорость распространения пламени в стехиометрической смеси сбросного газа с воздухом.

### ■ Особенности сжигания сбросного газа в смеси с природным газом

Общие принципы независимого развития реакций отдельных компонентов смеси с окислителем позволяют достоверно оценить некоторые характеристики процессов совместного сжигания природного и сбросного газа.

При совместном сжигании в одном факеле топлив с различной реакционной способностью известно опережающее перехватывание окислителя наиболее реакционным топливом и вытеснение зоны горения менее реакционного топлива в область с пониженным избытком окислителя, забалластирование его продуктами сгорания первого топлива. При этом формируется начальный участок факела с наибольшей интенсивностью тепловыделения.

На последующих участках факела по мере вовлечения в процесс активного горения остальных компонентов смеси интенсивность тепловыделения и тепловосприятия снижается. В результате выгорание этого топлива затягивается, общий факел смеси обоих газов удлиняется, область максимальных температур смещается к начальному участку факела, изменяется тепловыделение и тепловосприятие по высоте топочной камеры.

Такова принципиальная структура факела при совместном сжигании природного газа и сбросного газа.

Количественная оценка значимости отмеченных процессов может быть установлена исследованием натуральных факелов, физического моделирования процессов горения. Предстоит выбор важнейшего решения для определения конструкции горелки – формирование совместного факела подготовленной смеси газов или формирование отдельных факелов природного газа и сбросного газа от нефтехимических комплексов. Предварительно мы можем ограничиться рядом общих соображений, которые будут уточнены после завершения проводимых тепловых расчетов, последующей оценки целесообразности реконструкции горелок и поверхностей нагрева – радиационных и конвективных.





## Определение количественного и качественного состава вредных выбросов при использовании сбросного газа

Выход оксидов азота  $\text{NO}_x$  для сжигания сбросного газа определяется с учетом формулы, представленной в рекомендациях ВТИ (Отраслевые Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций СО153-34.02.304-2003, актуализация текста 01.10.2008).

$$\text{NO}_2^r = 2,05 \cdot 10^{-3} K_T \left[ 26,0 \cdot \exp \left( 0,26 \cdot \frac{\bar{T}_{\text{ЗАГ}} - 1700}{100} \right) - 4,7 \right] \times$$

$$\times \left[ \exp \left( \alpha_{\text{ЗАГ}}^{\text{отр}} \right) - 1 \right] \times \left[ 13,0 - 79,8 \cdot \left( \alpha_{\text{ЗАГ}} - 1,07 \right)^4 + 18,1 \cdot \left( \alpha_{\text{ЗАГ}} - 1,07 \right)^3 + \right.$$

$$\left. + 59,4 \cdot \left( \alpha_{\text{ЗАГ}} - 1,07 \right)^2 + 9,6 \cdot \left( \alpha_{\text{ЗАГ}} - 1,07 \right) \right] \cdot \tau_{\text{ЗАГ}}$$

где:

$K_T$  – коэффициент, учитывающий конструкцию горелочного устройства;  $K_T = 1,0$ ;

$\bar{T}_{\text{ЗАГ}}$  – среднеинтегральная температура продуктов сгорания в зоне активного горения;

$\alpha_{\text{ЗАГ}}$  – коэффициент избытка воздуха в зоне активного горения;

$\tau_{\text{ЗАГ}}$  – время пребывания продуктов сгорания в зоне активного горения.

При сжигании газообразных топлив, не содержащих в своем составе соединений азота, образование оксидов азота определяется температурой факела в зоне активного горения. Другой существенной характеристикой продуктов сгорания сбросного газа является уменьшенный (по сравнению с природным газом) выход продуктов сгорания в пересчете на условное топливо. По сравнению с природным газом выход продуктов сгорания равного по тепловыделению количества газов – природного и сбросного заметно снизится.

Использование сбросного газа приводит к незначительному увеличению выбросов оксидов азота (основного источника загрязнения атмосферного воздуха при сжигании природного газа) по сравнению с режимом сжигания природного газа.

## Возможные режимы использования сбросного газа на котлах ТЭС

При анализе структуры топливного баланса ТЭС при включении в него сбросного газа следует выделить следующие режимы сжигания сбросного газа при стабильном его поступлении в течение всего периода эксплуатации нефтехимических комплексов в течение года (8 тыс. часов):

- **Режим А** – равномерное распределение всего поступающего на ТЭС сбросного газа между действующими котлами. Такой режим реализуется при смешении всего расчетного количества природного газа и сбросного газа, подаваемых на ТЭС, с получением гомогенной однородной смеси. На все котлы поступает из общего смешивающего устройства полученный таким образом смешанный горючий газ.

- **Режим Б** – сжигание сбросного газа осуществляется только на части установленных котлов либо на одном из котлов. В этом случае доля его в сжигаемой смеси с природным газом может достигать больших значений, существенно превосходя долю природного газа. Более значителен при этом диапазон изменений состава смеси горючих газов.

В соответствии с этим, тепловой расчет котлов при номинальной нагрузке должен выполняться в разных вариантах.

## Влияние свойств сбросного газа на показатели работы котла при различном составе смеси топливных газов

При сжигании в топке котла смеси топливных газов – природного и сбросного – отмеченные особенности режима работы котла будут нивелироваться по мере уменьшения доли сбросного газа в смеси топливных газов. Тепловые расчеты котла при промежуточных значениях доли газов в смеси горючих газов позволяют оценить значимость свойств сбросного газа в условиях смешения всего подаваемого на ТЭС сбросного газа с природным газом.

1. Изменение температурного уровня на выходе из топки при использовании сбросного газа в смеси с природным газом предопределяет отставание (опережение) от уровня температур, характерного для режима работы на природном газе, на всем протяжении конвективного тракта.
2. Результаты теплового расчета котла при переменном составе газовой смеси позволяет установить динамику изменения характеристик котла с нарастанием доли сбросного газа в смеси с природным газом. Это позволит оценить КПД котла и соответствующий расход топлива при различном содержании сбросного газа в топливной смеси. Подобным же образом можно оценить и расчетный расход топлива при смешении сбросного газа с поступающим на ТЭС природным газом при любых значениях складывающейся доли сбросного газа в общем количестве топливной смеси.

## Выводы и рекомендации

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- **Возможность использования сбросного газа в качестве энергетического топлива. При этом стоит определить:**
  - использование сбросного газа автономно или в виде смеси (природного и сбросного газа) при различных процентных соотношениях;
  - использование различных способов подачи смешанного или сбросного газа – в общую сеть газораспределения ТЭС, только на группу котлов, либо в отдельный котел;
  - необходимость конструктивных изменений поверхностей нагрева котла и конструкции горелок по условиям оптимального смесеобразования в горелке.
- **Необходимо учитывать следующие особенности режима работы котлов при использовании сбросного газа:**
  - возможность надежного воспламенения и выгорания

сбросного газа в топке котлов как при автономном использовании, так и в смеси с природным газом;

- повышение температуры в ядре факела со смещением его к амбразуре;
- смещение зоны максимального тепловыделения и тепловосприятости в нижнюю часть топки, что приводит к снижению температуры потока продуктов сгорания на выходе из топки и далее по газовому тракту.

■ **При использовании сбросного газа на котлах ТЭС рекомендуется:**

- отслеживать состояние горелок путем периодического осмотра после наработки 4–5 тыс. часов в течение первого года эксплуатации;
- осуществлять периодический контроль наличия, характера и интенсивности образования отложений на конвективных поверхностях нагрева;
- проводить режимно-наладочные испытания котлов в режимах использования сбросного газа, уточнять режимные карты и нормативные характеристики;
- осуществлять непрерывный входной контроль качества поступающего сбросного газа от нефтехимических комплексов (стабильность давления и состава, колебания концентрации соединений серы, содержания пылевых и жидких фракций; следует считать критичным наличие жидких фракций, повышенную запыленность и сернистость газа);
- проводить приборный непрерывный контроль параметров топливной смеси, подаваемой в газопровод котельного отделения котлов после узла смешения природного и сбросного газов.

■ **При сжигании сбросного газа в смеси с природным газом увеличивается теплота сгорания смеси, что предопределяет снижение давления газа перед горелками по сравнению с природным газом и уменьшается производительность дымососов, т.к. при сгорании образуется меньший объем дымовых газов.**

В России есть предприятия, где описанное решение уже продемонстрировало положительный эффект.

Примером использования сбросного газа является проект «Техпереворужение. Утилизация ЭПФ. ООО «Сибур Тобольск», реализованный с участием специалистов ООО Инженерный Центр «Энергопрогресс» на Тобольской ТЭЦ в 2017 году.

Необходимость сжигания сбросного газа ЭПФ (этан-пропановые фракции) в качестве газового топлива вызвана невозможностью его применения в ЦГФУ (газофракционирующая установка по переработке легких углеводородов) и сжиганием ее факельным способом в атмосфере. Согласно заключения «Проверка возможности использования этан-пропановой фракции в качестве топливного газа на энергетических котлах Тобольской ТЭЦ», специалистами ОАО «НПО ЦКТИ» были определены возможности утилизации сбросного газа с выбором оптимальной схемы использования ЭПФ на ТЭЦ для сжигания в энергетических котлах, с учетом обеспечения безопасного и экологического способа сжигания, с минимальными капитальными затратами.

**При опытной эксплуатации и проведении РНИ подтвердилось, что при обеспечении станции заданных тепловых и электрических нагрузок количество сжигаемого природного газа в целом снижается на 30–35 тыс. м<sup>3</sup>/час.**

[www.eprog.ru](http://www.eprog.ru)