УДК 621.317.39

**МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА СЖИГАНИЯ**

**ТОПЛИВА В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ**

Бичурин Т.А.

Пензенский государственный университет

***Аннотация****. Рассматриваются проблемы топливной энергетики. Показывается, что, несмотря на массу недостатков теплоэлектростанций, связанных с загрязнением окружающей среды и высокой стоимостью получения электроэнергии, в мировой электроэнергетике до настоящего времени сжигание топлива с целью получения энергии занимает лидирующие позиции. Анализируются параметры качества сжигания топлива. Предлагается способ энергоэкологической оптимизации работы котельных установок, заключающийся в оснащении штатной автоматики котельных газоанализаторами дымовых газов.*

***Ключевые слова:*** *теплоэнергетика,* ***с****жигание топлива, котельные установки, энергоэкологическая оптимизация*

В настоящее время затраты на топливо составляют основную часть стоимости производимой многими отраслями народного хозяйства продукции. И, несмотря на интенсивное развитие альтернативных видов энергетики (солнечная, атомная, ветряная и т.п.), подавляющее большинство всей энергии мы получаем за счет сжигания топлива.

Топливом называют горючие вещества,способные при сжиганиивы­делять тепловую энергию. Качество топлива можно определить по его теплотворной способности, т.е. количеством теплоты (в килоджоулях), которое образуется при сгорании одного кг топлива. Чем больше в топливе углеродов, тем выше его теплотворная способность. Для получения максимальной теплоотдачи топливо должно отвечать следу­ющим основным требованиям:

* полностью испаряться и сгорать с выделением максимального коли­чества тепла и минимального количества токсичных и коррозионно-ак­тивных продуктов и отложений;
* не вызывать затруднений при транспортировании, хранении и по­даче по системам питания в любых климатических условиях;
* иметь низкую стои­мость;
* добываться доступными дешевыми способами.

По агрегатному состоянию все виды топлива могут быть разделены на *жидкие, газообразные* и *твердые*,а по происхождению на естественные иискусственные (таблица 1).

Таблица 1 Виды топлива

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид** **топлива** | **Происхождение** |
| **Естественное** | **Искусственное** |
| Твердое | Ископаемые угли, горючиесланцы, торф, древесина,отходы с/х. | Каменноугольный кокс,древесный уголь, торфяной кокс,полукокс, брикеты, пылевидное топливо |
| Жидкое | Нефть | Бензин, керосин, дизельноетопливо, мазут, спирт, бензол,смолы сухой перегонки твердоготоплива |
| Газообразное | Газы природные исопутствующие при добыченефти и др. ископаемые | Светлые, коксовые, нефтяные.rрекинговые, генераторные,доменные, водяные,смешанные газынефтеперерабатывающих заводов |

Топливо состоит из горючей и негорючей частей. Горючая часть представляет собой совокупность различных органических соединений, в которую входят углерод (С), водород (Н), кислород (О), азот (N) и сера (S). Негорючая часть (балласт) состоит из минеральных примесей, включающих золу и влагу. Углерод – основная часть топлива, с увеличением его содержания тепловая ценность топлива повышается. Водород – вторая по значимости горючая составляющая топлива, по сравнению с углеродом содержание водорода в топливе в два раза меньше, а теплоты при его сгорании выделяется в 4 раза больше. Кислород, входящий в состав топлива, не горит и не выделяет теплоты при сгорании топлива, поэтому фактически является балластом. Содержание кислорода в зависимость от вида топлива составляет от 0,5 до 43 %. Азот в топливе содержится в незначительных количествах, не горит и тоже является внутренним балластом топлива, однако в процессе горения образуются различные соединения азота с кислородом, оказывающие токсичное влияние на здоровье людей и животный мир. Сера, присутствующая в топливе, также относится к опасным химическим элементом, так как при ее сгорании образуются сернистый SO2 и серный SO3 ангидриды, который не только представляет экологическую опасность, но и вызывает сильную коррозию металлических поверхностей.

В таблице 2 приводятся данные о количестве загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду по некоторым областям России.

Таблица 2 Масса годового выброса загрязняющих веществ (тыс. т/год).

|  |  |
| --- | --- |
| **Область** | **Выбросы** |
| **SO2** | **CO** | **NO2** | **Зола** |
| Владимирская | 131,5 | 118,5 | 35,7 | 730,5 |
| Вологодская | 142,3 | 128,2 | 38,7 | 790,6 |
| Ивановская | 107,7 | 97,1 | 29,2 | 598,3 |
| Костромская | 64,7 | 58,3 | 17,6 | 359,2 |
| Нижегородская | 400,9 | 361,3 | 108,9 | 2227,3 |
| Новгородская | 79,6 | 71,9 | 21,7 | 443,1 |
| Тверская | 131,5 | 118,5 | 37,7 | 730,3 |
| Ярославская | 120,7 | 108,8 | 32,8 | 670,6 |

В таблице 3 приведены данные по выбросам с дымовыми газами вредных веществ ТЭС мощностью 2400 МВт при высоте трубы 180 метров. Как видно из приведенных данных, концентрация выбросов существенно зависит от расстояния между точкой замера и электростанцией. Концентрации выбросов ниже предельно допустимых значений достигаются на расстоянии только более 15 км.

Таблица 3 Суточные концентрации выбросов в атмосферу ТЭС, мг/м3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расстояние от трубы | Сернистый газ | Сероводород | Окислы азота | Окись углерода | Зола |
| 1 км | 6,02 | 0,002 | 1,95 | 7,2 | 1,2 |
| 3 км | 1,47 | 0,008 | 1,30 | 16,0 | 3,4 |
| 5 км | 1,22 | 0,008 | 0,05 | 13,3 | 1,2 |
| 7 км | 1,12 | 0,03 | 1,3 | 13,0 | 2,4 |
| 15 км | 0,22 | 0,002 | 0,03 | 4,0 | 0,27 |
| Предельно допустимая концентрация (ПДК) | 0,5 | 0,008 | 0,085 | 3,0 | 0,5 |

В настоящее время имеются четыре направления борьбы с загрязнителями приземной атмосферы: оптимизация процесса сжигания топлива; очистка топлива от элементов, образующих при сжигании загрязняющие вещества; очистка дымовых газов от загрязняющих веществ; рассеивание загрязнителей в атмосферном воздухе. Для организации экологического мониторинга необходимо контролировать содержание газовых и твёрдых выбросов топливосжигающих предприятий.

Задачи оптимизации процессов горения и защиты окружающей среды связаны друг с другом. Анализ отходящих (дымовых газов) позволяет получить информацию о вредных выбросах, а по составу и температуре уходящих газов можно судить об эффективности работы котлов. При настройке котлов на оптимальный режим горения уменьшается количество несгоревшего топлива, то есть решается задача ресурсосбережения, уменьшается количество излишнего нагреваемого и выбрасываемого воздуха.

Контроль за работой котлов на тепловых станциях осуществляется по режимным картам, то есть по зависимости давления (расхода) газа от давления (расхода) воздуха перед горелками. Режимные карты составляются примерно один раз в три года. В течение этого времени параметры котлов меняются существенно и, несмотря на то, что режим горения поддерживается операторами в норме, выбросы несгоревшего топлива и экологически вредных примесей могут отличаться от оптимальных параметров.

Назначением любого устройства для сжигания топлива является превращение химической энергии топлива в тепловую энергию продуктов сгорания, которая, в свою очередь, передается другим рабочим телам (вода, пар), либо преобразуется в механическую энергию (газовая турбина, реактивный двигатель). Преобразование внутренней энергии топлива в тепловую происходит в результате его сжигания. КПД сжигания топлива — один из самых важных факторов в работе котлов, печей и ряда других нагревательных установок, в которых используется жидкое, твердое или газообразное топливо. Горением называется физико-химический процесс соединения горючих элементов топлива с окислителем, сопровождающийся интенсивным тепловыделением. Различают полное гоpение, т.е. без потеpь теплоты, и неполное, т.е. c потеpями теплоты. Пpи полном гоpении вcе гоpючие вещеcтва топлива пpинимают учаcтие в окиcлительныx пpоцеccаx, пpи этом обpазуютcя только окcиды – CО2, SO2, H2O.

Pеальное гоpение, как пpавило, являетcя неполным. Pазличают меxаничеcкую и xимичеcкую неполноту cгоpания. В пеpвом cлучае (механический недожог) некотоpое количеcтво топлива в пpоцеccе гоpения топлива не учаcтвует. Напpимеp, газовым потоком из топки выноcятcя наиболее мелкие фpакции угля, а наиболее кpупные, наобоpот, могут оcедать в нижней чаcти топки и удалятьcя вмеcте c золой и шлаком.

Потеpи c xимичеcким недожогом возникают в cлучае xимичеcки неполного окиcления углеpодcодеpжащиx cоединений c обpазованием окиcи углеpода CО, а также в cлучае, когда чаcть гоpючиx газообpазныx вещеcтв, обpазовавшиxcя пpи иcпаpении и теpмичеcком pазложении жидкого и твёpдого топлива (CО, Н2, CН4 и дp.), покидает топку до завеpшения окиcлительныx пpоцеccов.

 В качеcтве окиcлителя пpи гоpении пpеимущеcтвенно иcпользуетcя не чиcтый киcлоpод, а атмоcфеpный воздуx, что объяcняетcя его доcтупноcтью и пpоcтотой иcпользования.

Для эффективного сгорания топлива необходимо знать количество кислорода, поступающего в топку. Однако если в топку подавать только теоретически необходимое количество воздуха, то добиться полного сгорания топлива невозможно. Объясняется это тем, что трудно так переме­шать топливо с воздухом, чтобы к каждой молекуле горючих было подведено необходимое количество молекул кислорода. Поэтому на практике прихо­дится подавать воздуха больше, чем теоретически необходимо, т.е. работать с избытком воздуха. При этом часть воздуха проходит через топку, не реаги­руя с топливом. Недостаток воздуха при горении вызывает образование оксида углерода и других токсичных продуктов неполного горения, многие из которых имеют повышенную канцерогенную активность, а чрезмерный избыток воздуха увеличивает потери теплоты с отходящими газами, при определенных условиях приводит к увеличению выхода оксидов азота. При этом в обоих случаях происходит перерасход топлива.

Основная цель управления котельной установкой сводится к получению тепла необходимого количества и качества с наименьшими затратами. Имеются в виду не только сжигание топлива с наибольшим коэффициентом полезного действия (КПД), но и другие показатели, такие как обеспечение межремонтного пробега, безаварийная работа, соблюдение безопасных условий эксплуатации и др. Все эти показатели могут быть сведены к некоторому обобщенному экономическому критерию, учитывающему как экономические, так экологические факторы:

где - сумма тепловых потерь, в которой

 - потери теплоты с уходящими газами;

 - потери теплоты от химической неполноты сгорания;

 - потери теплоты на тягу и дутье;

 – потери теплоты в окружающую среду;

а - сумма экологических потерь, определяемая как

,

где – соответственно концентрации оксида серы, оксидов азота и оксида углерода в дымовых газах,

 предельно-допустимые концентрации соответствующих газов;

– коэффициенты пересчета потерь в денежный эквивалент.

Основными составляющими потерь теплоты являются потери с отходящими газами *q1* и от так называемого химического недожога *q2*. Оба этих показателя тесно связаны с коэффициентом избытка воздуха *α* в факеле горящего топлива. От него же зависит и количество вредных выбросов в атмосферу.

Коэффициент избытка воздуха - это отношение фактически подаваемого количества воздуха к теоретически необходимому.

На рисунке 1 приведен пример зависимости основных показателей эффективности и экологичности сжигания топлива от коэффициента избытка воздуха *α* [2, 3].



Рисунок 1 Типичная зависимость показателей качества сжигания топлива от коэффициента избытка воздуха

 Инструментом энергоэкологического управления является косвенное измерение коэффициента избытка воздуха и последующая его коррекция. Компонентами продуктов сгорания, информация о содержании которых может использоваться для измерения коэффициента избытка воздуха и его последующей коррекции, могут быть: диоксид углерода СО2, кислород О2 и продукты химического недожога (это: СО, Н2, СН4 или их сумма, которую часто обозначают как - «СОЭКВ» из-за малости двух последних компонентов). Применение газоанализаторов для контроля состава продуктов горения совместно с датчиками температуры позволит выяснить, каков режим горения топлива в данный конкретный промежуток времени. При этом для каждого конкретного типа топлива и при данной метеорологической обстановке (температуре окружающей среды, давлении, влажности) возможно определение оптимального соотношения подачи топлива и воздуха в сжигающее устройство. Критерии оптимума могут быть выбраны из различных соображений. Например, это может быть максимальная энергетическая эффективность котла, или минимальные затраты при данной тепловой мощности с учетом расходов на техническое обслуживание и платежей экологическим службам. Сопоставление режима горения, определенного по показаниям газоанализатора, с режимными картами, составленными при настройке технически исправного котла, позволит прогнозировать возникновение технических неполадок в оборудовании.

*Список используемых источников:*

1..Белоусов В.Н, Смородин С.Н, Смирнова О.С. Топливо и теория горения: учебное пособие / СПбГТУРП. 2-х частях – СПб., 2011.

2. Кнорринг ВГ , Новиков ОН, Окатьев АН. Автоматизированная система контроля и управления процессом горения в топливосжигающем оборудовании. // Информационно-измерительная техника Труды 11 1 У. Межвузовский сборник научных трудов Пенза 2000, стр. 140-145

3. Беликов С.Е., Котлер В.Р. Малые котлы и защита атмосферы: снижение вредных выбросов при эксплуатации промышленных и отопительных котельных. М.: Энергоатомиздат, 1996.