

Анализ путей повышения эффективности и снижения выбросов вредных веществ от котельных и мини-ТЭЦ

Повышение энергоэффективности и экологичности – одна из главных тем нашей современности. Жизнь требует и жесткой экономии средств, и заботы об окружающей среде. Современные технологии помогают решить обе задачи.

ПКМ: Какие пути повышения эффективности использования топлива в котельных и мини-ТЭЦ Вы используете в своих проектах?



Артем Емельянов, начальник проектного отдела ООО «Завод БМК ЭнергоЛидер»

А. Емельянов: Для повышения эффективности использования топлива в котельных, как правило, предусматривается установка модулируемых горелочных устройств. Использование горелок такого типа позволяет добиться экономии топлива на уровне не менее 5–10% процентов относительно котельных, в которых устанавливаются двухступенчатые горелки. Модулируемые горелки позволяют оптимизировать процесс горения путем плавного снижения или повышения мощности в зависимости от значения регулируемого параметра – температуры выходящего из котла теплоносителя. Обеспечение плавного регулирования осуществляется с помощью управления горелками комплектными менеджерами горения или общекотельным контроллером за счет установки оптимального соотношения «топливо-воздух». Такое реше-

ние является типовым для проектов ООО «Завод БМК ЭнергоЛидер» и применяется, в частности, в одном из последних проектов блочно-модульной пароводогрейной котельной для тепло- и пароснабжения потребителей пищевого производства «Фабрика кухни» торговой сети X5 Retail Group.

Экономия топлива в мини-ТЭЦ на базе газопоршневых установок достигается автоматизацией процесса образования топливовоздушной смеси в двигателе ГПУ и включением системы утилизации теплоты в теплосети других источников теплоты, обслуживающих предприятия-заказчики. Таким образом, излишки тепла, «снимаемые» с ГПУ, расходуются на покрытие тепловых нагрузок собственных нужд предприятий, что позволяет разгрузить другие источники.



Евгений Апарин, заместитель генерального директора ООО «НПФ «РАСКО», к.т.н.

Е. Апарин: Одним из эффективных методов экономии потребления топлива является автоматическое управление соотношением топливо/воздух с коррекцией заданного значения по сигналу

обратной связи, поступающему от анализатора продуктов сгорания, установленного в газоходе на выходе из котла. Применение подобной автоматической системы управления позволяет сократить потребление топлива на 6–10%. Экономический эффект от ее внедрения, например, для котла ПТВМ-30, при годовом расходе газа по паспорту 26 млн м³, стоимости 1 м³ газа 4,43 руб. и средней экономии 7% составит 8 млн руб. Одновременно существенно снижаются выбросы вредных веществ в атмосферу. Особую актуальность данное решение приобретает в последние годы, в условиях ограниченных объемов финансирования, выделяемых на модернизацию котельных, ввиду относительно небольших затрат и минимальных сроков окупаемости проектов.

В. Закрошвили, президент корпорации «Профессионал»: В проектах группы компаний «Профессионал» мы прежде всего ориентируемся на обычные и проверенные временем методы повышения эффективности использования топлива. Среди них можно особенно выделить:

Использование горелочных устройств с прогрессивным либо модуляционным типом управления, оборудованных частотно-регулируемым приводом вентилятора. Такие горелки позволяют максимально плавно регулировать свою мощность и таким образом оптимизировать процесс сжигания топлива. Помимо того, такое оборудование позволяет экономить электро-

энергию, что положительно сказывается на общей энергоэффективности объекта;

Каскадное управление многокотловой котельной установкой (по температуре наружного воздуха) с поддержанием минимально необходимого количества работающих котлов и заданием оптимальной мощности на горелочные устройства;

Использование погодозависимого регулирования температуры теплоносителя посредством трехходового (двухходового) смесительного клапана в соответствии с температурным графиком;

Уменьшение общих теплопотерь в котельной. Достигается за счет теплоизоляции тепломеханических контуров, а также за счет использования затворов с электроприводами, расположенных на обратных магистралях котлов. Такие затворы перекрывают циркуляцию теплоносителя через котел, находящийся в останове, таким образом, уменьшая теплопотери через него.

ПКМ: Какие у Вас есть примеры использования тепла уходящих газов от котлов и ГПУ?

В. Завацкий: В схемах с ГПУ тепло отходящих газов используется для нагрева воды на нужды отопления и ГВС, а также для производства пара. Однако надо понимать, что при производстве пара глубоко утилизировать тепло отходящих газов не получится, поэтому, как правило, после парового котла-утилизатора устанавливается теплообменник, в котором дымовые газы нагревают воду на нужды отопления и ГВС.

В котельных установках уходящие газы либо направляют на рециркуляцию (на вход горелки), либо нагревают ими воду в экономайзерах.

В первом случае мы повышаем КПД установки и снижаем выбросы загрязняющих веществ, но при этом тратим электроэнергию на перекачивание дымовых газов на вход горелки, в результате в редких случаях экономический эффект бывает положительным.

Во втором случае мы утилизируем тепло уходящих газов на нагрев воды.



Виктор Завацкий, технический директор
ОАО «МПНУ Энерготехмонтаж»,
Брянский участок

В паровых котлах нагревается питательная вода, а в водогрейных котлах – обратная сетевая вода на входе в котел (или другая вода на технологические нужды). Если для паровых котлов с высокой температурой отходящих газов (и соответственно высоким ΔT) эффект очевиден, то для водогрейных котлов эффект, как правило, хуже и окупаемость длиннее.

Есть возможность и более глубоко

утилизировать тепло отходящих газов котлов при помощи установки конденсационных экономайзеров. В данной технологии используется скрытая теплота парообразования водяных паров, которые содержатся в уходящих газах. Использование этого тепла позволяет повысить общий КПД установки на величину до 5%.

Мы имеем богатый опыт производства и установки конденсационных экономайзеров на своих объектах и наблюдаем значительный эффект от их внедрения.

А. Емельянов: Тепло уходящих газов в котельных используется для нагрева питательной воды в экономайзерах паровых котлов. В водогрейных котельных предусматривается установка современных трехходовых котлов, в которых расчетная температура уходящих газов обуславливается конструкцией и находится на уровне минимально



допустимом для предотвращения конденсации водяных паров и исключения низкотемпературной коррозии поверхностей газового тракта. Такие решения нашли применения во многих проектах, среди которых проведение работ по строительству объекта «Блочно-модульной газовой котельной мощностью 20 МВт в р.п. Верх-Нейвинский с сетями инженерного обеспечения», пароснабжение объектов ООО «Транссервис» со строительством паровой блочно-модульной котельной.

В ГПЭС на базе ГПУ обычно реализуется двухступенчатая схема утилизации теплоты:

- I ступень – использование тепла «водяной рубашки» двигателя;
- II ступень – использование тепла уходящих газов ГПУ в автоматизированных тепловых модулях (котлах-утилизаторах).

Применение ГПУ с включением в инженерные системы котельной реализовано в проекте блочно-модульной котельной мощностью 10,5 МВт для объекта строительства «Транспортно-логистический комплекс «Южноуральский». Энергоцентр».

В. Закрошвили: Прежде всего широкое использование получили экономайзеры. Они позволяют эффективно использовать тепло уходящих газов, скажем, для подогрева питательной воды в паровых котельных, теплоносителя в водогрейных. Также возможно осуществить подогрев исходного воздуха для его подачи на горелку котла и таким образом улучшить процесс сжигания топлива, повысив при этом его общий КПД.

Не слишком соответствующим тематике вопроса, но тем не менее очень интересным для нашей организации оказался опыт поставки блочно-модульной котельной для одного из тепличных комплексов Краснодарского края. Уходящие дымовые газы после рекуператора подавались в трубопровод на котел-утилизатор и после охлаждения – в систему очистки от дисперсной пыли и азотистых соединений. После очистки

уходящие дымовые газы направлялись в существующий коллектор CO₂ и далее в тепличный блок для подкормки культивируемых растений.

А. Декстер: С моей точки зрения, второй вопрос – это частный случай первого. Поэтому ответ на первый вопрос должен включать и ответ на второй.



Александр Декстер, инженер по промышленному оборудованию компании «Бош Термотехника»

Эффективность использования топлива включает несколько аспектов. Начинать необходимо с энергоэффективного теплоснабжения. Сокращать потери тепла, используя энергоэффективные технологии, например приточно-вытяжную вентиляцию с рекуперацией тепла (возможная экономия до 30%!), энергоэффективное многокамерное остекление и т.п.

Регулирование теплопроизводительности, а следовательно, и теплопотребления в соответствии с реальными тепловыми нагрузками. В первую очередь это погодозависимое регулирование, не допускающее перетопов. Согласитесь, странно, когда для регу-

лирования микроклимата в помещении открывают окна.

На стороне теплогенерации (котельных) также необходимо использовать современное оборудование и технологии. Максимальный эффект здесь дает использование котлов, работающих в конденсатном режиме. КПД таких котлов выше, чем КПД стандартных, на 10–15% за счет более глубокого использования теплоты сгорания топлива. Развитием конденсатного режима работы оборудования является использование теплоты дымовых газов и теплоты конденсации не только для увеличения количества получаемого тепла (или снижения топливопотребления), но и для подогрева воздуха, подаваемого в горелку. Это обеспечивает не только возврат тепла, которое в противном случае теряется с дымовыми газами, но и интенсифицирует процесс горения, а это ведет к увеличению КПД дополнительно примерно на 1%. Такие схемы позволяют переводить водогрейные котельные с типовыми выходными параметрами 150°C/70°C в конденсационный режим. При указанных параметрах подачи и обратного трубопровода получить конденсатный режим невозможно, т.к. температура начала конденсации для газового топлива 56°C и ниже. Однако, подавая в подогреватель воздуха воду из обратного трубопровода и охлаждая ее за счет нагрева воздуха, можно получить теплоноситель, который обеспечит конденсатный режим. При этом выходные параметры котельной не изменятся и это никак не скажется на теплопотребителе.

Этот режим может быть использован и в паровых котельных. В них воздух подогревается за счет воды из деаэратора с температурой 103°C, вода остывает до необходимых температур ниже точки росы дымовых газов и подается в конденсатный экономайзер.

Использование конденсатной техники безусловно влечет за собой увеличение инвестиционных затрат, но позволяет значительно экономить топливо и снизить генерацию CO₂. Окупаемость таких проектов зависит от многих факторов и



Блочно-модульная водогрейная котельная мощностью 52,3 МВт для жилого микрорайона в г. Домодедово Московской области (ООО «Модульные котельные системы»)

для каждого объекта ее необходимо оценивать индивидуально.

Повысить энергоэффективность котельных позволяет использование частотных преобразователей на большинстве электродвигателей оборудования котельной: сетевые насосы, вентиляторы горелок и т.п. При современном уровне производства стоимость таких преобразователей уже вполне приемлема и незначительно увеличивает затраты, позволяя существенно экономить на электроэнергии.

ПКМ: Каким образом можно снизить выбросы вредных веществ от котлов и ГПУ? Как данные выбросы контролировать?

В. Закрошвили: Прежде всего, стоит учесть мероприятия, перечисленные в ответе на первый вопрос.

Минимизация выбросов вредных веществ в котельной также достигается грамотной режимной наладкой оборудования (настройкой максимального количества рабочих точек модулирующего механизма горелки по показаниям газоанализатора дымовых газов).

В. Завацкий: Путей снижения выбросов как всегда несколько.

Для ГПУ это установка каталитических нейтрализаторов на линии отходящих газов для снижения выбросов окислов азота, оксида углерода и углеводородов в атмосферу. Стандартным решением также является установка теплообменника на линии отходящих газов для снижения теплового загрязнения атмосферы. Данные теплообменники позволяют не только снизить выбросы тепла в атмосферу, но и утилизировать это тепло на подогрев воды для системы отопления и ГВС или производства пара.

Кроме того, многие производители оборудования газопоршневых установок уже имеют в своей линейке продукции установки со сниженными выбросами NO_x в атмосферу.

В котельных снижение выбросов достигается, как правило, корректной наладкой горелок с последующим постоянным мониторингом выбросов (в т.ч. автоматическим мониторингом газовыми анализаторами). При необходимости производится подстройка режимов горения.



Котельная в пгт Рефтинский (ООО «Завод БМК ЭнергоЛидер»)

Интересным способом снижения выбросов от котельной установки является рециркуляция уходящих газов, т.к. она не только позволяет снизить выбросы, но и повышает КПД установки за счет подогрева газозвушной смеси в горелке.

Горелки также возможно подбирать со сниженными выбросами NO_x в атмосферу, т.к. практически все передовые производители уже имеют такую номенклатуру в своей линейке.

Для котлов возможна установка в «хвосте» теплообменников (экономайзеров) для снижения теплового загрязнения атмосферы.

В последнее время, в связи со стремлением многих производственных предприятий снизить затраты на топливо при производстве продукции, все больше устанавливается экономайзеров конденсационного типа с более глубокой утилизацией тепла отходящих газов. Это позволяет значительно повысить КПД котельной установки и получить существенный экономический эффект. Помимо этого глубокое охлаждение уходящих газов приводит к снижению выбросов оксида углерода в атмосферу.

А. Емельянов: Для снижения вредных выбросов в твердотопливных котельных устанавливаются зололовители и батарейные циклоны на тракте дымовых газов. (Применялись, например, в проекте блочно-модульной угольной водогрейной котельной для ОАО «Ново-Широкинский рудник».)

Для снижения вредных выбросов в газовых, газо-дизельных и газомазутных котельных предусматривается система оптимизации горения с целью ведения режимов с малым коэффициентам избытка воздуха (снижение образования NO_x). (Применяется во всех проектах с автоматизированными газовыми и комбинированными горелками.)

Е. Апарин: Одним из вариантов снижения вредных выбросов является автоматическое управление соотношением топливо/воздух, о целесообразности применения которого также для повышения эффективности работы котельных уже говорилось при ответе на первый вопрос.

А. Декстер: Вредные вещества в котельных генерируются в факеле



горелки и далее с дымовыми газами выбрасываются в окружающую среду. В основном это различные окислы азота с общим названием NO_x . Азот достаточно инертный газ и начинает вступать в реакцию с кислородом только при температурах 1000–1200°C, стандартных для ядра факела горелки. Из этого следует, что для подавления генерации NO_x необходимо снизить температуру ядра факела до значений ниже 1000°C. Этого можно было бы добиться, подавая в ядро факела избыточный холодный воздух, но увеличение количества кислорода, не участвующего в процессе горения топлива, приводит к противоположному результату. Количество NO_x возрастает, да и КПД котла при этом снижается, т.к. не участвующий в процессе горения воздух отбирает полезное тепло (нагревается в факеле) и уносит это тепло в дымовую трубу.

Самым подходящим для снижения температуры факела инертным (не содержащим избыточного кислорода) телом являются остывшие дымовые газы.

В продуктовых линейках ведущих производителей горелочных устройств присутствуют горелки LowNO_x с рециркуляцией дымовых газов. Самыми простыми по применению (но не по конструкции) являются горелки с внутренней рециркуляцией, конструкция которых формирует внутри топki рециркуляцию дымовых газов, что позволяет снизить температуру факела

и обеспечить генерацию NO_x на уровне 60–80 мгр/м³.

Второй способ – внешняя рециркуляция дымовых газов, когда дымовые газы забираются вентилятором горелки из газохода за котлом и по внешнему каналу подаются в факел горелки. Величина генерации NO_x примерно такая же, как и у горелок с внутренней рециркуляцией. При этом могут использоваться стандартные горелки, но мощность вентилятора таких горелок должна быть несколько выше.

В случаях, когда величина NO_x является критичной, например, в тепличных хозяйствах, где дымовые газы котельной подаются в теплицы в качестве газообразной подкормки растений, используются одновременно оба способа. Это позволяет снизить величину NO_x до уровней не более 40–55 мгр/м³.

Горелки LowNO_x , генерируя низкие значения вредных веществ, позволяют экономить на высоте дымовых труб, т.к. высота труб рассчитывается из условий рассеивания вредных веществ. Эта экономия на дымовой трубе (поскольку устройства недорогие) может с лихвой покрыть увеличение стоимости горелок LowNO_x по сравнению со стоимостью стандартных.

ПКМ: Какие у Вас есть примеры интересных энергоэффективных решений для паровых котельных?

А. Декстер: В качестве примера котельной с оборудованием фирмы «Bosch Thermotechnik», в которой использованы современные технические решения, может быть приведена паровая котельная фабрики SCH Hygiene Products (производство туалетной бумаги «Zewa») с двумя паровыми котлами UL-S, мощностью по 15 т/час. На котлах установлены два экономайзера – один стандартный, за ним второй для подогрева воздуха перед горелками плюс собственно теплообменник подогрева воздуха.

А. Емельянов: В паровых котельных используются стандартные энергоэффективные решения: ведение оптимального процесса горения; утилизация теплоты уходящих газов в экономайзерах котлов; использование тепла продувочной воды; использование современных теплоизоляционных конструкций; минимизация потерь пара (использование конденсатоотводчиков). Наиболее полное применение в проектах: строительство блочно-модульной паровой котельной для ОАО «Птицефабрика «Рефтинская», «Пароводяная двухтопливная (газотопливная) котельная №1 мощностью до 150 Гкал/ч (II этап)» для промышленного объекта – ДВЗ «Звезда».

В. Закрошвили: Наряду со стандартными мероприятиями повышения энергоэффективности, нашей компанией было применено использование высокотемпературных дымовых газов от ГПУ для отбора тепловой мощности и подогрева воды в теле парового котла, с помощью 4-ого хода. Данное техническое решение было использовано при проектировании энергоцентра на объекте ОАО «Биосинтез» (г. Пенза).

В. Завацкий: За время развития технологий было разработано очень много эффективных решений работы с паром, никакого «велосипеда» изобретать не нужно, все уже давно придумано, надо лишь правильно и к месту эти решения применять. Это и использование вторичного пара, и установка конденсатных емкостей повышенного давления в схемах котельных, и утилизация тепла различных продувок, и многое другое.