

## Новый подход к оптимизации режимов горения топлива

**Г.М. Тележко**, заместитель директора,

**Е.В. Хойна**, ведущий специалист,

**Г.В. Ягов**, кандидат физико-математических наук

ООО «Информаналитика», Санкт-Петербург

Основной объем вредных выбросов в атмосферу техногенного характера составляют продукты сжигания топлива на предприятиях энергетики, ЖКХ, промышленного производства, а также автотранспортом (двигатели внутреннего сгорания). С другой стороны, затраты на топливо составляют заметную часть бюджета теплоснабжающих предприятий, особенно в зонах с умеренным и холодным климатом. Поэтому не удивительно, что в условиях роста цен на энергоносители и обострения экологических проблем все более высокие требования предъявляются к системам оптимизации использования энергии органического топлива.

В большинстве используемых в настоящее время устройств сжигания топлива оптимизация режима горения обеспечивается путем поддержания соотношения давления топлива и воздуха в соответствии с режимной картой. Такой способ является недостаточно эффективным, он не позволяет вести учет изменения температуры и влажности воздуха, теплотворной способности и температуры газа и ряда других внешних факторов. В связи с этим, при составлении режимных карт допускают наличие значительного избытка воздуха, чтобы ни при каких условиях не допустить возникновения химнедожога. В результате в некоторых режимах количество воздуха превышает оптимальное в 1,5...2 раза, что увеличивает расход электроэнергии на дутье и приводит к необходимости нагрева избыточно подаваемого воздуха, т. е. к дополнительному расходу топлива.

Разработанные автоматические системы оптимизации соотношения «топливо-воздух» построенные с использованием стационарных газоанализаторов, ведут процесс регулирования по величине содержания кислорода в отходящих газах. На некоторых типах котлов эти системы регулирования предусмотрены проектной документацией в обязательном порядке. Однако эти системы, как правило, не работают в режиме регулирования, а газоанализатор используется в мониторинговом режиме, что обусловлено рядом причин:

- *концентрация кислорода в дымовых газах зависит не только от интенсивности дутья, но от других условий эксплуатации (неконтролируемый подсос воздуха, изменение характеристик горелок, неидентичность горелок в многогорелочных котлах, изменение теплотворной способности и вида топлива, колебания влажности воздуха), что в свою очередь снижает эффективность работы системы с регулированием по величине содержания кислорода;*
- *ограниченное распространение контроллеров, имеющих устойчивые (надежные) алгоритмы работы с газоанализаторами (многие из разработанных алгоритмов регулирования не учитывают переходные процессы в топке при изменении мощности).*

Изучение процесса горения показывает, что при недостатке кислорода проявляется резкое повышение концентрации CO. Соответственно, система регулирования процесса горения, основанная на измерении концентрации CO, будет обладать более высокой чувствительностью к изменению характеристик горения. Регулирование сводится в этом случае к поддержанию режима на грани химнедожога, не допуская при этом сколько-нибудь значительного перерасхода топлива.

Применение вышеуказанного метода, до настоящего времени, сдерживалось отсутствием достаточно надежного, простого и быстрого способа измерения концентрации оксида углерода. Экстрактивные системы для отбора и последующего охлаждения пробы с выполнением измерений концентрации по поглощению в ИК-области спектра, либо с выполнением измерений электрохимическим методом, требовали значительных затрат времени, были сложны в эксплуатации, требовали постоянного контроля системы удаления конденсата и пыли. Попытки использовать для измерения неравновесные электрохимические методы оказались неудачными вследствие нестабильности характеристик датчиков и невозможности исключить влияние параметров анализируемой среды (температуры, влажности, состава газа).

В последнее время были разработаны приборы с использованием твердотельных датчиков, которые способны быстро и воспроизводимо измерять содержание CO в дымовых газах и печной атмосфере. Это, прежде всего, газоанализаторы LT2 в комплекте с зондом KS1 (фирма Lamtec GmbH) и COMTEC 6000 (фирма ENOTEC GmbH). Аналогичное решение положено в основу работы отечественного газоанализатора «АНГОР-С» (Оптима), выпускаемого компанией «Информаналитика» [1].

Измерение оксида углерода быстродействующим твердотельным датчиком является наиболее удобным методом определения химнедожога (высокое быстродействие, отсутствие необходимости обслуживания и т.п.). На графике (рис. 1) приведены результаты измерения концентрации O<sub>2</sub> и CO при изменениях давления воздуха на постоянной нагрузке. Исследования проводились на котле ДКВР-20/13 с использованием серийно выпускаемого газоанализатора «АНГОР-С».

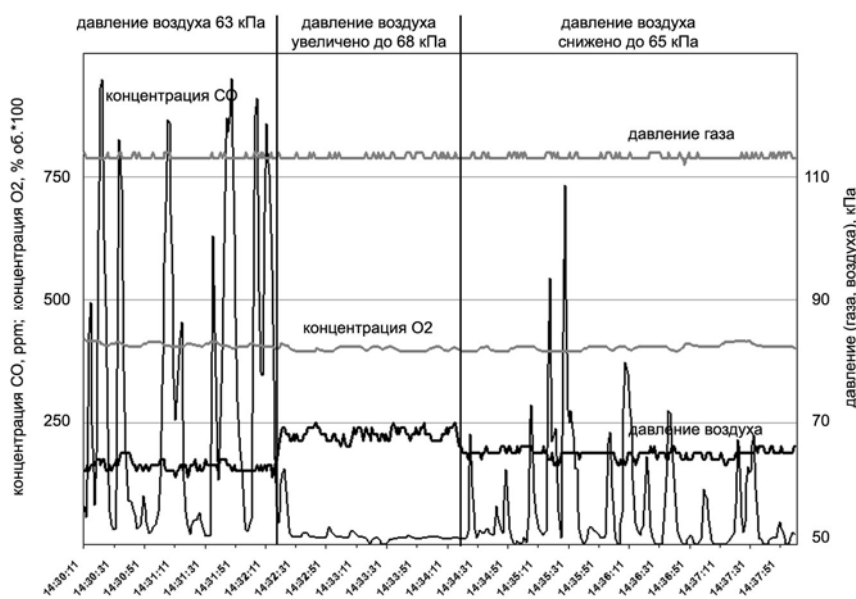


Рис. 1. Зависимость концентрации O<sub>2</sub> и CO от соотношения газ-воздух.

Из графика видно, что на грани химнедожога малейшее, возможное для регулятора данного котла, изменение расхода воздуха приводит к резкому скачку концентрации оксида углерода. При этом содержание кислорода в отходящих газах меняется незначительно. Колебания значений концентрации CO на грани химнедожога имеют очень ярко выраженный характер и связаны как с динамикой процесса горения, так и с невозможностью тонкой регулировки подачи воздуха и нестабильностью его потока.

Появление химнедожога характеризуется резким скачком концентрации оксида углерода, что предъявляет особые требования к контроллеру и алгоритму

регулирования. Для того чтобы эффективно вести процесс регулирования с различными типами регуляторов и исполнительных механизмов, контроллер должен быть настроен не на поддержание определенной концентрации CO в дымоходе, а на обеспечение режима горения на грани появления химнедожога, циклически снижая расход воздуха до появления всплеска концентрации CO с последующим минимальным увеличением расхода воздуха, дабы избежать химнедожога. В качестве примера реализации такого алгоритма можно привести работу самоадаптивного контроллера, описанную в [2].

Контроллер позволяет задавать скорость снижения расхода воздуха, величину «отскока» расхода воздуха при появлении химнедожога, а также время нечувствительности, в течение которого контроллер поддерживает расход воздуха постоянным, после чего опять начинает его снижение. Обычно, весь цикл «снижение-отскок-поддержание» составляет от 2 до 5 минут и определяется пользовательскими настройками в зависимости от типа топливосжигающего агрегата. Такой подход позволяет вести процесс наиболее оптимальным образом на всех режимах, при практически любых изменениях условий эксплуатации и с любыми регуляторами и исполнительными механизмами. Он особенно эффективен при применении в котлах малой мощности, поскольку является самоадаптивным, то есть фактически самостоятельно в процессе работы корректирует режимную карту.

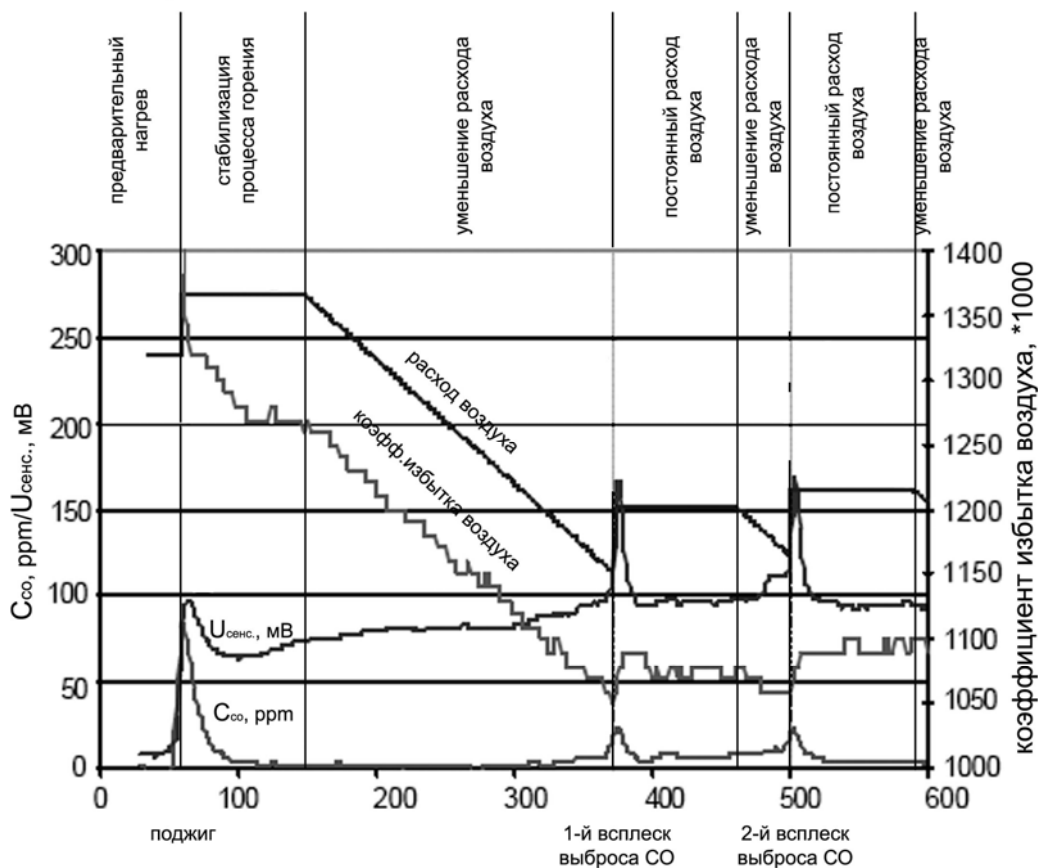


Рис. 2. Типичный цикл регулирования процесса горения по содержанию CO [2].

Аналогичные контроллеры со встроенным алгоритмом регулирования по оксиду углерода начали выпускать и отечественные производители. В частности, в контроллере «СПЕКОН СК-2» (производство НПФ «Теплоком») реализован алгоритм использования газоанализатора для коррекции соотношения «топливо-воздух» с учётом содержания в отходящих газах не только CO, но и O<sub>2</sub>, а также с учётом влияния переходных процессов в топке при изменении мощности. Контроллер при этом отслеживает соответствие давления воздуха перед горелкой в зависимости от

давления топлива в заранее установленных границах. При выходе давления воздуха за пределы этих границ корректирующий сигнал от газоанализатора не учитывается при регулировании.

В настоящее время такой контроллер проходит эксплуатационные испытания в качестве базового элемента автоматики котла ДКВР-20/13 в комплекте с газоанализатором «АНГОР-С».



#### **Выводы:**

1. Современная инструментальная база позволяет реализовать эффективные механизмы регулирования процесса горения в топках котлов при использовании для регулирования непрерывный контроль эмиссии оксида углерода.
2. Для обеспечения тонкой регулировки режимов подачи воздуха необходимо использование соответствующих исполнительных механизмов.
3. Наиболее эффективным методом регулирования режима горения является использование сразу двух каналов регулирования – по СО (основной канал регулирования) и по О<sub>2</sub> (контрольный канал соответствия режимной карте), для чего разработаны соответствующее техническое обеспечение и алгоритмы управления.

#### **Литература:**

1. Газоанализаторы многокомпонентные «ОПТИМА». Руководство по эксплуатации, ЛШЮГ.413411.014 РЭ, Санкт-Петербург, 2004 г.
2. Sensorgesteuerte CO-Regelung zur Optimierung des Verbrennungsprozesses für Feuerungsanlagen kleiner und mittlerer Leistung. - Dr.-Ing. Frank Hammer, Ing. (FH) Harald Weber, LAMTEC Meß- und Regeltechnik für Feuerungen GmbH & Co KG, D-69190 Walldorf, Druckschrift Nr. DLT 5014.06aD\_0001.

ООО «Информаналитика»

194 223, Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д.10

Тел. (812) 552-98-31, 552-29-42, 591-67-05

e-mail: [mail@infogas.ru](mailto:mail@infogas.ru), <http://www.infogas.ru>