

УДК 697.434

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

**Сафонова Е.К., доц., Безбородов Д.Л., асс., Студенников А.В., магистрант**  
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Большую долю в структуре издержек производства электрической и тепловой энергии составляет стоимость топлива. В настоящее время на многих предприятиях существует резерв увеличения эффективности использования топливных ресурсов за счет улучшения схемы управления котлоагрегатами. Одним из возможных средств достижения этого является внедрение стационарных газоанализаторов. Размеры получаемых эффектов, небольшие в относительном выражении, например, увеличение КПД котла на 0,7% и соответствующее ему снижение потребления топлива может приносить десятки тонн экономии топлива в день (в масштабе одной станции), десятки тысяч тонн экономии топлива в год.

Другой важнейшей стратегической проблемой, для решения которой необходимо использовать газоанализаторы, является загрязнение окружающей среды продуктами сгорания.

В соответствии с принципом так называемой “Платы за выбросы” установленными законом «Об охране окружающей среды» увеличение ставок экологических платежей является вероятным сценарием ужесточения экологической политики для предприятий.

Действенным методом, как эффективного использования всех видов топлива, так и уменьшения негативного влияния на окружающую среду, снижения экологических платежей выступает внедрение современных технологий.

Применение стационарных газоанализаторов, позволяет решить следующие производственные задачи:

- снизить производственные издержки за счёт экономии топлива;
- снизить обязательные платежи за негативное воздействие на окружающую среду в условиях долгосрочной тенденции к ужесточению экологических требований и смещения топливного баланса в сторону использования менее «экологичных» видов топлива.

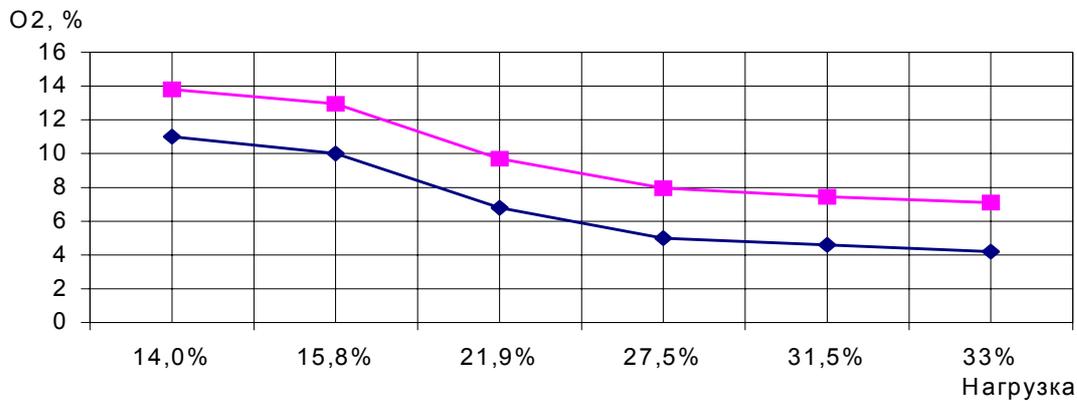
Проведенные исследования на основных типах котлов КВГМ, ДКВР, ПТВМ, которые эксплуатируются в настоящее время показали, что при работе котлоагрегата технологические параметры не выдерживаются.

На рисунке 1 представлены графики содержания кислорода в дымовых газах при различной нагрузке котельных агрегатов КВГМ, ДКВР, ПТВМ.

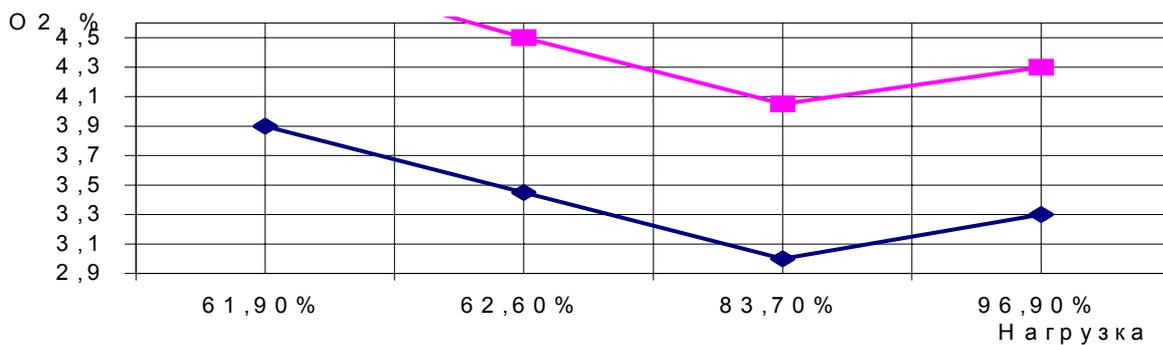
Содержание кислорода превышает допустимое в режимных картах, что свидетельствует о неэффективной работе котлоагрегата. Работа котла при оптимальной величине избытка воздуха сократит до минимума потери тепла, уходящего в дымовую трубу и повысит эффективность сгорания. Известно, что

эффективность сгорания есть мера того, насколько эффективно теплота, содержащаяся в топливе, переходит в теплоту, пригодную для использования. Первостепенными показателями эффективности сгорания является температура дымовых газов и концентрация кислорода (или двуокиси углерода) в топочных газах.

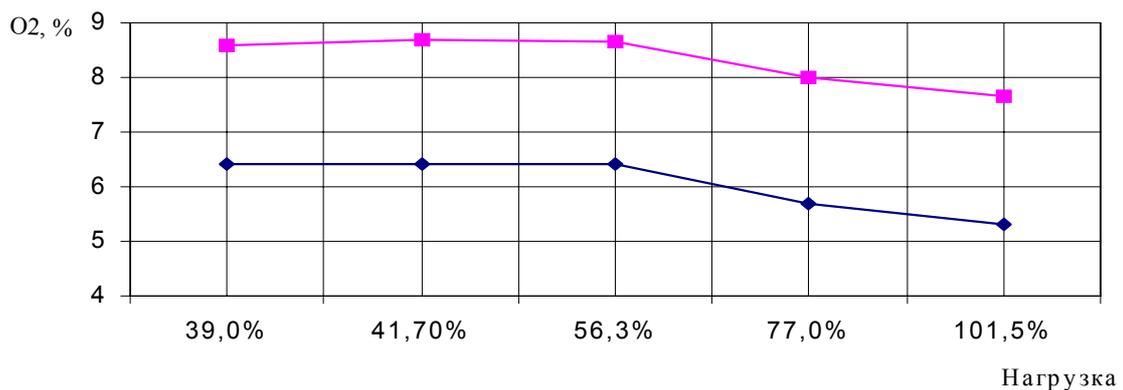
- а -



- б -



- в -



а – котёл ПТВМ – 30;

б – котёл КВ-ГМ – 1,6;

в – котёл ДКВР 4 – 13;

■ - по факту испытаний;

◆ - по режимной карте.

Рисунок 1 – Зависимость содержания кислорода отходящих газов от нагрузки котла

При идеальном перемешивании горючей смеси, для полного сгорания данного количества топлива требуется точное или стехеометрическое

количество воздуха. На практике, условия сгорания никогда не бывают идеальными и для полного сгорания топлива нужно подать дополнительное количество или "избыток" воздуха.

Точное количество избытка воздуха определяется по результатам анализа концентраций кислорода или двуокиси углерода в топочных газах. Недостаточный избыток воздуха приводит к неполному сгоранию горючих веществ (топливо, сажа, твердых частиц и окиси углерода), в то время, как слишком большой избыток воздуха вызывает потери тепла, в следствие увеличения расхода топочных газов, понижая тем самым, общую эффективность работы котла в процессе передачи тепла от топлива к пару.

Из формул видна зависимость потерь тепла с уходящими газами от величины избытка воздуха [1]:

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} \cdot I_{x.в.}^0)(100 - q_4)}{Q_p^p};$$

где  $I_{yx}$  – Энтальпия уходящих газов при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_{yx}$ ;

$I_{x.в.}^0$  – Энтальпия теоретически необходимого количества холодного воздуха;

$q_2$  – Потери тепла с уходящими газами;

$q_4$  – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива.

А КПД соответственно зависит от потери тепла:

$$\eta_{шт} = q_1 = 100 - \Sigma q_{пот}$$

Суммарную потерю теплоты в котле рассчитывают по формуле:

$$\Sigma q_{пот} = q_2 + q_3 + q_4 + q_5.$$

где  $q_3$  – потери от химической неполноты сгорания топлива;

$q_5$  – потери от наружного охлаждения котла.

На рисунке 2 показана связь параметров дымовых газов с КПД котла для условия полного сгорания при отсутствии водяного пара в нагнетаемом для горения воздухе.

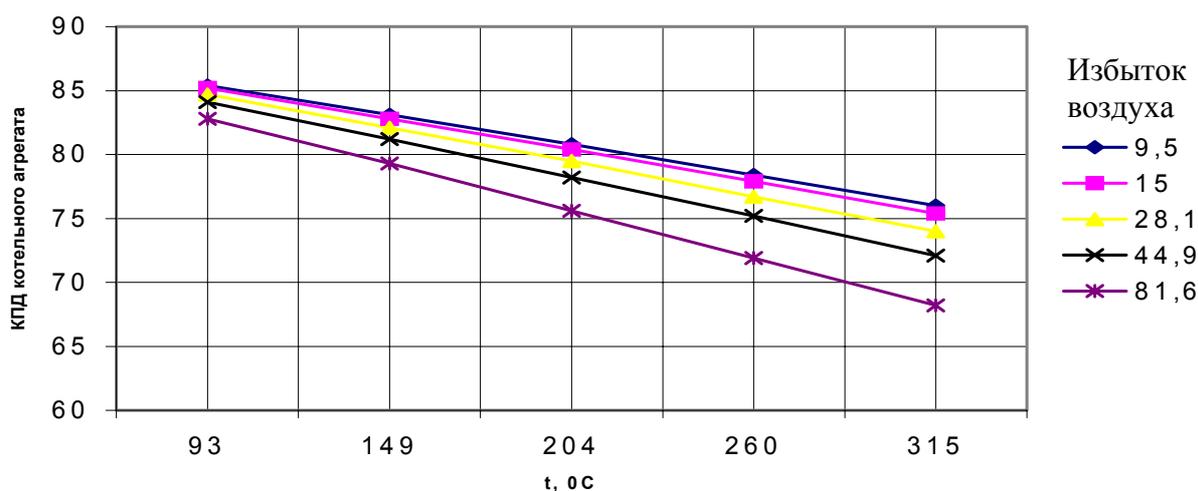


Рисунок 2 - Зависимость КПД котельного агрегата от температуры отходящих газов

Для хорошо спроектированных систем, работающих на природном газе, вполне достижим 10% уровень избытка воздуха. Часто используемое практическое правило гласит, что КПД котла повышается на 1% на каждые 15% снижения избытка воздуха или на каждые 22 °С понижения температуры дымовых газов.

Внедрение на тепловых станциях стационарных газоанализаторов, контролирующих состав уходящих газов, в условиях замедленного строительства новых объектов, выступает важным элементом комплекса ресурсосберегающих мероприятий по проведению модернизации существующих мощностей предприятий теплоэнергетики.

Кислородомер ПЭМ-02 представляет собой измерительный комплекс, состоящий из погруженного зонда с твердоэлектролитным датчиком на основе диоксида циркония, узла прокачки, анализатора кислорода. Стоимость такого газоанализатора в настоящее время составляет около 13 тысяч гривен.

Концентрация кислорода измеряется анализатором в непрерывном режиме с помощью специального зонда (пробоотборника), установленного в газоходе в месте отбора пробы. Расход отбираемой на анализ пробы газа очень незначителен и составляет примерно 0,5 л/ч.

Датчик кислорода, размещенный непосредственно в зонде, представляет собой электрохимическую ячейку с твердым электролитом трубчатой формы из спеченного диоксида циркония. Датчик генерирует сигнал, пропорциональный концентрации кислорода в исследуемом газе. Этот сигнал обрабатывается в анализаторе и преобразуется в аналоговый выходной сигнал. Точность ПЭО-02 составляет  $\pm 0,2$  % об.

Газоанализаторы, имеющие в качестве сенсоров электрохимические ячейки, чаще всего используются в качестве приборов для контроля и наладки, хотя имеется довольно много систем предназначенных для длительных измерений и мониторинга. Принцип действия электрохимических ячеек состоит в разделении потока исследуемого газа на отдельные составляющие с помощью мембран, способных пропускать к электролиту лишь один компонент анализируемой газовой смеси [3] (рисунок 3.). В зависимости от вида анализируемого компонента газовой смеси электрохимические ячейки реализуют кондуктометрический или кулонометрический метод измерения. Кроме анализируемого компонента на показания ячейки могут оказывать влияние и некоторые другие составляющие газовой смеси. От этого явления можно избавиться, используя специальные фильтры или расчетным путем, учитывая заранее полученные тарировкой перекрестные коэффициенты. К отрицательным моментам следует также отнести возможность «отравления» ячейки при превышении концентрации исследуемого компонента в пробе выше допустимого значения, что приводит к ошибкам в определении концентраций в последующих измерениях.

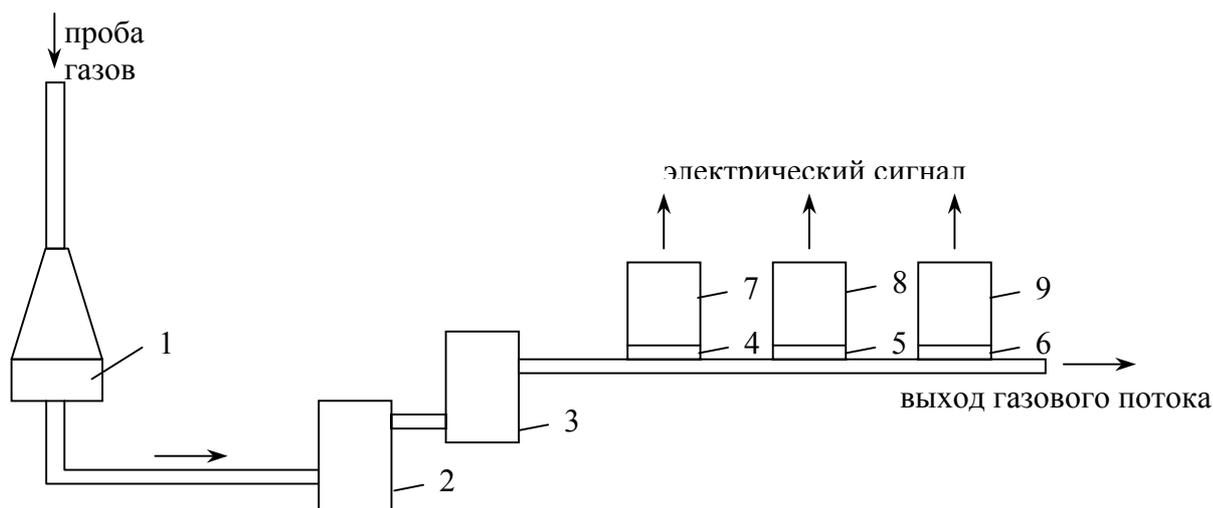


Рисунок 3 - Принципиальная схема электрохимического газоанализатора

1 — пробоотборный зонд; 2 — фильтр; 3 — конденсатоуловитель; 4-6 — мембраны; 7—9 — электрохимические ячейки

#### Перечень ссылок

1. Тепловой расчет промышленных парогенераторов: Учеб. Пособие для вузов/ Под ред. В. И. Частухина. - Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. - 184 с.
2. Методы и средства контроля загрязнения атмосферы и промышленных выбросов// ТР. ГГО 1987. Вып. 492.
3. Типовая инструкция по организации системы контроля промышленных выбросов в атмосферу в отраслях промышленности. Л.: Изд-во ГГО им. А.И.Воейкова, 1986.
4. Брюханов О.Н., Мاستрюков Б.С. Аэродинамика, горение и теплообмен при сжигании топлива: Справочное пособие. СПб.: Недра, 1994.
5. Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. 3-я Міжнародна науково-технічна конференція аспірантів і студентів. Донецьк, ДонНТУ, 2003р.