

# OPTIMIZATION OF PROCESSES OF COMBUSTION HYDROCARBONIC FUEL AT THE DECISION OF PROBLEMS OF PROTECTION ATMOSPHERIC AIR FROM POLLUTION

**Smorchkov V.I.<sup>(1)</sup>, Kononenko N.A.<sup>(2)</sup>, Luzhnykh V.M.\***

<sup>(1)</sup> Ukrainian of scientific research institute of analytical instrument making,  
Street. Tverskaya, 6, Kiev, 03150 Ukraine

<sup>(2)</sup> The Ukrainian scientific and technical society instrument builders and metrologist,  
Grushevsky str., 9, Kiev, 01001 Ukraine  
The Kiev Shevchenko National University ,  
01680, Glushkov Av., 2, a building 6, faculty of cybernetics

## Introduction

Huge quantity of fuel units in a fuel and energy complex of Ukraine, boilers industrial and municipal purposes, as a rule, work in a mode of fuel unburning. Thus in the atmospheric environment the significant amount of polluting gases acts, creating real ecological danger. Gas fuel of the hydrocarbonic nature represents a mix of various gases (combustible and nonflammable). The combustible part can include hydrogen, carbon monoxide, methane and heavy hydrocarbons ( $C_nH_m$ ). The nonflammable part can include dioxide of carbon, nitrogen and oxygen.

## Results and discussion

From all elements possessing ability to enter chemical reactions with oxygen, carbon is most important. At lack of oxygen oxidation of carbon will be incomplete and other end-product- carbon monoxide will turn out. Thus, presence carbon monoxide in smoke gases testifies to an inefficiency of use of energy resources ( $H \sim 600$  кДж).

Being a product of incomplete oxidation, carbon monoxide itself represents the combustible gas capable to the further oxidation. On 28 kg carbon monoxide 16 kg of oxygen are required. As a result of reaction  $28 + 16 = 44$  kg of dioxide of carbon are formed. By quantity carbon monoxide in smoke gases it is possible to define incompleteness of combustion. The attitude of all quantity of air really submitted in firebox, to theoretically necessary quantity can be named factor of the charge of air. Presence of combustible components (CO and others) in leaving gases causes very big losses with chemical unburning. Therefore burning can be counted optimum if combustible components in smoke gases are not present also quantity of oxygen

minimally possible.

The quantity of air necessary for reception of the maximal useful effect should be optimum. It is known, that at submission of double quantity of air, in comparison with theoretically necessary, the temperature of burning of natural gas will make any more  $2000^\circ C$ . but only  $1170^\circ C$ .

Air submitted in firebox brings with itself and a plenty of nitrogen which does not accept participation during burning. It mixes up with dioxide of carbon and water the ferry and is part some smoke gases, being heated up to his temperature.

If the factor of the charge of air will make 1,25 at full combustion of gas 75 % of oxygen will be used only, the others of 25 % will mix up with products of combustion and will be part some smoke gases. Loss of heat with leaving gases in this case will be rather appreciable.

Loss of heat and expensive fuel if in burning the space will act smaller quantity of air is even more appreciable, than it is necessary for full combustion. Loss of heat with leaving gases at full combustion of combustible components the is more, than above temperature of leaving gases and their quantity.

If process of burning is conducted incorrectly there are the additional thermal losses named losses with chemical unburning ( $Q_2$ ).

Essence of  $Q_2$  will be, that burning proceeds is incomplete and in products of combustion there are combustible components, such, as carbon monoxide, hydrogen, sometimes methane and heavy hydrocarbons. All these substances are capable to allocate heat at combustion and their presence at smoke gases testifies that the part of chemical energy of fuel is not allocated at combustion and is

---

\* E-mail: antonl@uprotel.net.ua

lost at emission of smoke gases from the boiler unit. We shall consider efficiency of burning under the analysis of smoke gases of power units, that is,  $\eta = f(O_2; CO; CO_2; NO; NO_2; \Sigma CH_x)$ ,

$O_2$  - is absent, that is, in smoke gases there will be combustible not burned down components  $CO, NO, CH_x$ , that is practically inadmissible, as power resources (gas, oil, coal) will be thrown out in an atmosphere.

$O_2$  - it is more than  $\eta$  % - cools the boiler. "

$Q_2$  - it is optimum, when the minimal cooling the boiler is provided and the minimum of not burned down power resources that is defined by a design of torches and other design features boiler unit is supposed minimal  $\Sigma CH_x, NO, CO$ , that is. It is desirable to reduce  $Q_2$  to minimally possible level, but not to absence of it(him), thus,  $O_2$  should be more theoretically settlement, its control is practically obligatory.

$CO$  - its absence is desirable, that is  $CO$  should be minimally possible at minimally possible concentration of oxygen.

$CO_2, NO_2$  - components which inform on quantity of the burned down components of environment.

Metrological characteristics should be considered not only from a position of accuracy of measurements by the primary measuring converter, it is necessary to take into account and the errors brought by devices sampling and sample preparation. Such opportunities the sensor controls, capable to work in a zone of high temperatures possess only, for other types of sensor controls it is necessary to select test of gases and to cool.

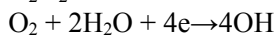
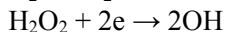
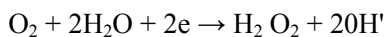
Necessity of the control of oxygen for the power installations burning various kinds of fuel, is determined by necessity of maintenance of an optimum parity fuel / air during burning. Taking into account, that installations, as a rule, work at factor of surplus of air more 1, reduction of the contents of oxygen in departing smoke gases on 1 % allows to lower losses of fuel on 2 %.

Now more and more wide application for regulation of a parity fuel / air is found with two types of primary measuring converters of

oxygen, namely:

1) The converter amper-metrical type. The principle of its work consists in transformation of values partial pressure of oxygen in an electric signal as a result of course of reaction of restoration of oxygen on border of the unit « the analyzed "environment - an electrode - electrolit"».

Process of restoration of oxygen occurs on the parallel-serial mechanism including formation of peroxide of hydrogen and its further restoration.



Gas- analyzers on a basis amper-metrical primary measuring converters, in comparison with others, used for regulation of a parity fuel / air (thermomagnetic, potentiometric), have rather low cost, however demand special devices of sampling as their operating mode is limited +40°C.

2) potentiometric primary measuring converters of oxygen possess advantage but to comparison with ampermetric. They are more sensitive, work in a wide range of temperatures and without any devices sampling and sample preparation. The gauge, as a rule, is located directly in a zone where it is necessary to define oxygen. Joint-stock company "Украналит" has developed and выпускает a gas analyzer 151ЭХ02 on a basis of potentiometric the primary converter with firm electrolit in the form of a disk from dioxide of zirconium with platinum electrodes.

At working temperatures more 600°C the electrolit possesses cleanly oxygen ionic conductivity.

### Conclusions

The developed methodology and means a gas analyzer 1517\*02-allow to create the local automated systems with the adjustable feedback providing effective, optimum burning of hydrocarbonic fuel with simultaneous minimization negative pollutions of atmospheric air, provoking a hotbed effect.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СГОРАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЗАЩИТЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

**Сморчков В.И.** <sup>(1)</sup>, **Кононенко Н.А.** <sup>(2)</sup>, **Лужных В.М.** \*

<sup>(1)</sup>Украинский НИИ аналитического приборостроения,  
ул. Тверская, 6, Киев, 03150 Украина

<sup>(2)</sup> Украинское общество метрологов и приборостроителей,  
Ул. Грушевского, 9, Киев, 01001 Украина,

Киевский Национальный Университет им. Т. Шевченко,  
Пр. Глушкова, 2, корп. 6, факультет кибернетики, Киев, 01680 Украина

## Введение

Огромное количество топливных агрегатов в топливно-энергетическом комплексе Украины, котлов промышленного и коммунального назначения . как правило, работают в режиме недожиг топлива. При этом в атмосферную среду поступает значительное количество загрязняющих газов, создавая реальную экологическую опасность. Газовое топливо углеводородной природы представляет собой смесь различных газов (горючих и негорючих). В горючую часть могут входить водород, окись углерода, метан и тяжелые углеводороды ( $C_nH_m$ ). В негорючую часть могут входить двуокись углерода, азот и кислород.

Из всех элементов, обладающих способностью вступать в химические реакции с кислородом, наиболее важен углерод. При недостатке кислорода окисление углерода будет неполным и получится другой конечный продукт - окись углерода. Таким образом, наличие окиси углерода в дымовых газах свидетельствует о неэффективности использования энергопродуктов ( $H \sim 600$  кДж).

Являясь продуктом неполного окисления, окись углерода сама представляет собой горючий газ, способный к дальнейшему окислению. На 28 кг окиси углерода требуется 16 кг кислорода. В результате реакции образуется  $28 + 16 = 44$  кг двуокиси углерода. По количеству окиси углерода в дымовых газах можно определить неполноту сгорания. Отношение всего количества воздуха, действительно подаваемого в топку, к теоретически необходимому количеству принято называть коэффициентом расхода воздуха. Присутствие горючих компонентов ( $CO$  и другие) в уходящих газах вызывает очень большие потери с химическим недожогом. Поэтому сжигание можно считать оптимальным, если

горючих компонентов в дымовых газах нет и количество кислорода минимально возможное.

Количество воздуха, необходимого для получения максимального полезного эффекта должно быть оптимальным. Известно, что при подаче двойного количества воздуха, по сравнению с теоретически необходимым, температура горения природного газа составит уже не  $2000^\circ C$ , а только  $1170^\circ C$ .

Воздух, подаваемый в топку, приносит с собой и большое количество азота, который **не** принимает участия в процессе горения. Он смешивается с двуокисью углерода и водяным паром и входит в состав дымовых газов, нагреваясь до его температуры.

Если коэффициент расхода воздуха составит 1,25, то при полном сгорании газа будет использовано только 75% кислорода, остальные 25% смешаются с продуктами сгорания и войдут в состав дымовых газов. Потеря тепла с уходящими газами в этом случае будет весьма заметной.

Еще более заметна потеря тепла и дорогостоящего топлива, если в топочное пространство будет поступать меньшее количество воздуха, чем это необходимо для полного сгорания.

Потеря тепла с уходящими газами при полном сгорании горючих компонентов тем больше, чем выше температура уходящих газов и их количество.

Если процесс горения ведется неправильно, то возникают дополнительные тепловые потери, называемые потерями с химическим недожогом ( $Q_2$ ).

Сущность  $Q_2$  состоит в том, что горение протекает неполно и в продуктах сгорания появляются горючие компоненты, такие, как окись углерода, водород, иногда метан и тяжелые углеводороды. Все эти вещества способны выделять тепло при сгорании и их присутствие в дымовых газах свидетельствует

---

E-mail: [antonl@uprotel.net.ua](mailto:antonl@uprotel.net.ua)

о том, что часть химической энергии топлива не выделяется при сгорании и теряется при выбросе дымовых газов из котельного агрегата. Рассмотрим эффективность горения по анализу дымовых газов энергетических агрегатов, то есть,  $\eta = f(O_2; CO; CO_2; NO; NO_2; \Sigma CH_x)$ ,

$O_2$  — отсутствует, то есть, в дымовых газах будут горючие несгоревшие компоненты  $CO$ ,  $NO$ ,  $CH_x$ , что практически недопустимо, поскольку будут выбрасываться в атмосферу энергоресурсы (газ, нефть, уголь).

$O_2$  — больше  $\eta\%$  — охлаждает котел."

$O_2$  — оптимально, когда обеспечивается минимальное охлаждение котла и допускается минимальное  $\Sigma CH_x$ ,  $NO$ ,  $CO$ , то есть, минимум несгоревших энергоресурсов, что определяется конструкцией горелок и других конструктивных особенностей котлоагрегата. Желательно  $O_2$  свести к минимально возможному уровню, но не отсутствию его, таким образом,  $O_2$  должно быть больше теоретически расчетного, его контроль практически обязателен.

$CO$  — желательно его отсутствие, то есть  $CO$  должно быть минимально возможным при минимально возможной концентрации кислорода.

$CO_2$ ,  $NO_2$  — компоненты, которые информируют о количестве сгоревших компонентов среды.

Метрологические характеристики следует рассматривать не только с позиции точности измерений первичным измерительным преобразователем, необходимо учитывать и погрешности, вносимые устройствами пробоотбора и пробоподготовки. Такими возможностями обладают только сенсоры, способные работать в зоне высоких температур, для остальных типов сенсоров обязательно необходимо отобрать пробу газов и охладить.

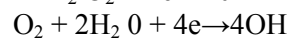
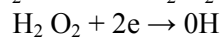
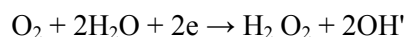
Необходимость контроля кислорода в энергетических установках, сжигающих различные виды топлива, определяется необходимостью обеспечения оптимального соотношения топливо/воздух в процессе горения. Учитывая, что установки, как правило, работают при коэффициенте избытка воздуха более 1, уменьшение содержания кислорода в отходящих дымовых газах на 1% позволяет снизить потери топлива на 2%.

В настоящее время все более широкое применение для регулирования соотношения топливо/воздух находят два типа первичных

измерительных преобразователей кислорода, а именно:

1) Преобразователь амперометрического типа. Принцип его работы заключается в преобразовании значений парциальных давлений кислорода в электрический сигнал в результате протекания реакции восстановления кислорода на границе раздела «анализируемая среда — электрод — электролит».

Процесс восстановления кислорода происходит по параллельно-последовательному механизму, включающему в себя образование перекиси водорода и ее дальнейшее восстановление.



Газоанализаторы на основе амперометрических первичных измерительных преобразователей, по сравнению с другими, применяемыми для регулирования соотношения топливо/воздух (термомагнитными, потенциометрическими), имеют сравнительно низкую стоимость, однако требуют специальных устройств пробоотбора, так как их режим работы ограничен  $+40^\circ C$ .

2) Потенциометрические первичные измерительные преобразователи (датчики) кислорода обладают преимуществом по сравнению с амперометрическими. Они более чувствительны, работают в широком диапазоне температур и без каких-либо устройств пробоотбора и пробоподготовки. Датчик, как правило, помещается непосредственно в зону, где необходимо определять кислород. АО "Украналит" разработал и выпускает газоанализатор 151ЭХ02 на основе потенциометрического первичного преобразователя с твердым электролитом в форме диска из двуокиси циркония с платиновыми электродами.

При рабочих температурах более  $600^\circ C$  электролит обладает чисто кислородоионной проводимостью.

### Выводы

Разработанная методология и технические средства-газоанализатор 1517\*02- позволяют создавать локальные автоматизированные системы с регулируемым обратными связями, обеспечивающими эффективное, оптимальное сжигание углеводородного топлива с одновременной минимизацией негативных загрязнителей атмосферного воздуха, провоцирующих парниковый эффект.