

СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКИСИ АЗОТА ПРИ ГОМОГЕННОМ ГОРЕНИИ В ВОЗДУХЕ МЕТАНА И ЕГО СМЕСЕЙ С АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

С. М. Когарко, В. Я. Басевич, А. Н. Тюрин
(Москва)

Для уменьшения выхода окиси азота из азота воздуха можно применять двухступенчатое сжигание топлива. Этот процесс предполагает первоначальное сжигание богатой смеси (при этом из-за низкой температуры и недостатка кислорода почти не образуется окиси азота) с последующим быстрым разбавлением воздухом и дожиганием бедной смеси (образуется мало окиси азота из-за низкой температуры). Такой процесс, хотя и является низкотемпературным, при соответствующем регулировании достаточно устойчив.

Двухступенчатое сжигание топлива предлагается применять и для уменьшения выхода окиси азота из азота топлива [1—3], поскольку снижение температуры процесса оказывается полезным и здесь так же, как и в случае образования окиси азота из азота воздуха.

При двухступенчатом сжигании температура продуктов горения всегда ниже из-за теплотерь в сжигающем устройстве: термический КПД снижается с уменьшением температуры продуктов горения. Это та цена, которую приходится платить за снижение вредности выбросов. В конкретных условиях положение можно частично исправить путем использования теряемого тепла.

Ввиду важности явления целесообразно изучение феноменологии двухступенчатого горения в разных условиях и с различными топливами. В настоящей работе исследуется двухступенчатое горение чистых метановоздушных смесей и с добавками азотсодержащих веществ — метиламина и пиридина.

Опыты проводили на струевой установке с ламинарным пламенем при атмосферном давлении (рис. 1). Дозированное количество топлива и воздуха предварительно смешивали, подогревали и сжигали в горелке первой ступени. Подогрев был необходим и включался только для получения устойчивого горения очень богатых смесей. К продуктам реакции через отдельную трубку подмешивали воздух и образующуюся горючую смесь сжигали в горелке второй ступени. Для сравнения проводили опыты и с одноступенчатым сжиганием, когда подогрев был выключен и дополнительный воздух не подавали.

Азотсодержащую добавку вводили путем пропускания газового топлива — метана — через барботер с пиридином или раствором метилами-

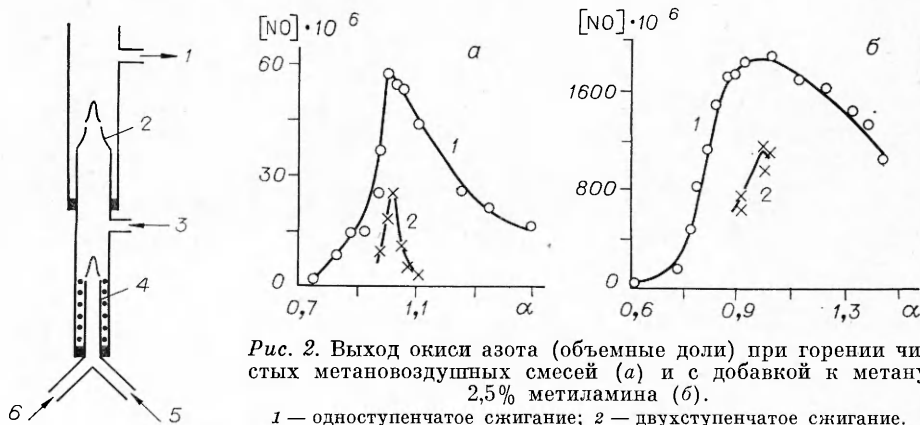


Рис. 2. Выход окиси азота (объемные доли) при горении чистых метановоздушных смесей (а) и с добавкой к метану 2,5% метиламина (б).

1 — одноступенчатое сжигание; 2 — двухступенчатое сжигание.

Рис. 1. Схема установки.

1 — отбор газов на анализ; 2 — горелка второй ступени; 3 — подача дополнительного воздуха; 4 — горелка первой ступени с подогревом; 5 — топливо; 6 — воздух.

на. Концентрацию окиси азота определяли известным методом по свечению окиси азота в реакции с озоном, широко применяемым в научной и технической практике. Этот метод имеет высокую чувствительность и малую относительную погрешность ($\sim 1\%$) [4, 5]. В отдельных опытах определяли температуру газов в первой и второй ступенях с помощью термопары, опускавшейся по оси горелки сверху, а также полноту сгорания после второй ступени хроматографическим методом.

В первой серии экспериментов применяли метановоздушные смеси, при горении которых окись азота образуется из азота воздуха (рис. 2, а). В первой ступени после подогрева до температуры 1000 К сжигалась смесь с $\alpha_1 = 0,61$; суммарный коэффициент избытка воздуха во второй ступени указан на оси абсцисс. Теплоотвод в стенки в настоящих опытах не ограничивался, поэтому из-за больших потерь тепла реакционная смесь перед второй ступенью имела очень небольшую температуру (400—500 К), и устойчивое горение можно было получить только в диапазоне $\alpha = 0,97 \div 1,1$. Видно, что при двухступенчатом сжигании выход окиси азота для стехиометрической смеси уменьшается более чем вдвое, для более бедных и богатых смесей — в еще большей степени. Так, при $\alpha = 1,1$ снижение концентрации окиси азота достигает более одного порядка величины. Это, по-видимому, связано с тем, что из-за значительного охлаждения продуктов реакции после первой ступени температура горения низка, вследствие чего образование окиси азота затруднено.

Во второй серии опытов метан содержал 1,5—2,5% азотсодержащей добавки. В этом случае количество образующейся окиси азота при горении получалось во много раз большее. По содержанию окиси азота при одноступенчатом сжигании (см. рис. 2, б) можно заключить, что при добавке метиламина до 80% топливного азота переходит в NO продуктов реакции. Количество окиси азота при двухступенчатом сжигании, когда в первой ступени после подогрева до 1000 К сжигалась смесь с $\alpha_1 = 0,52$, удается снизить в 1,5—2 раза при устойчивом горении в области суммарного коэффициента избытка воздуха $\alpha = 0,9 \div 1$.

Аналогичные опыты проведены с добавками 1,5—2,5% пиридина и дали близкие результаты.

Снижение выхода окиси азота из топливного азота при двухступенчатом сжигании объясняется теми же причинами, что и снижение выхода окиси азота из азота воздуха: в первой ступени образуется мало NO из-за низкой температуры и недостатка кислорода (в ходе химического процесса большая часть азота топлива образует молекулярный азот), а во второй ступени в присутствии кислорода из-за низкой температуры мала скорость ее накопления.

Таким образом, в описанных условиях двухступенчатое сжигание метановоздушных смесей с добавками метиламина и пиридина также оказывается весьма эффективным.

*Поступила в редакцию 17/V 1983,
после доработки — 23/IX 1983*

ЛИТЕРАТУРА

1. F. J. Martin, P. K. Dederick. 16-th Symp. (Intern.) on Combustion. N. Y., 1977.
2. T. Takagi, T. Tatsumi, M. Ogasawara. Comb. Flame, 1979, 35, 17.
3. К. А. Гордин, В. М. Масленников. — В кн.: Образование окислов азота в процессах горения и пути снижения выброса их в атмосферу. Киев: Наукова думка, 1979.
4. В. И. Неудахин. Канд. дис. М., 1978.
5. A. C. Delany, R. R. Dickerson, F. L. Melchior a. o. Rev. Sci. Instr., 1982, 53, 1899.