

Академия наук Украины

Институт газа

На правах рукописи

ПАВЛОК Нонна Юрьевна

УДК 628.5 : 612.5

ГАЗОКАСЕТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВЬБРОСОВ В АТМОСФЕРЕ

ОТ УГЛЕВОДОРОДОВ

05.14.16 - технические средства защиты окружающей среды

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Киев

1993

Работа выполнена в Институте газа Академии наук Украины

Научные руководители:
доктор технических наук, профессор
ведущий научный сотрудник,
кандидат технических наук

Сигал И. Я.
Гуревич Н. А.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор
доктор химических наук,
ведущий научный сотрудник

Христинич В. А.
Вольфсон В. Я.

Ведущее предприятие - Украинский научно-исследовательский институт очистки газа (УкрНИИОГАЗ).

Защита диссертации состоится "17" сентября 1994 г.
в "17" часов на заседании специализированного совета д 016.51.01
Института газа АН Украины.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института газа АН Украины.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью, направлять по адресу: 252113, Киев, ул. Дегтяревская, 39, Институт газа АН Украины, ученому секретарю совета.

Автореферат разослан "6" января 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
доктор технических наук, профессор

В. Я. Коних

ЛНБ ім В Стефаніка
АН України

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00801513 (1)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Газовые выбросы промышленных предприятий содержат вредные вещества, оказывающие негативное влияние на окружающую среду и здоровье людей. На Украине ежегодно выбрасывается около 1,4 млн т углеводородов. По энергетическому потенциалу сульфидный (валовый) выброс углеводородов эквивалентен потере 1 млрд м³ природного газа.

Углеводороды поступают в атмосферу от передвижных источников, которые выбрасывают собственно углеводороды (66%), и от стационарных источников, которые выбрасывают преимущественно растворители (34%) в виде частично окисленных углеводородов, например, этанола, ацетона и др. Данная работа направлена на очистку газовых выбросов стационарных источников (промышленных предприятий) от паров растворителей.

Процесс газоочистки энергозатратен, причем затраты возрастают пропорционально объему перерабатываемых газов, а не массе нейтрализуемых веществ. Однако устаревшее оборудование многих отраслей промышленности запроектировано на большой объем газовых выбросов и поэтому они характеризуются низкой концентрацией примесей.

В связи с этим представляется актуальной разработка энергосберегающей технологии очистки газовых выбросов от углеводородов.

Цель работы. Разработать энергосберегающую технологию очистки газовых выбросов от углеводородов на основе адсорбционного и термического методов с уменьшением объема направляемых на дожигание выбросов в 100 раз. Применить в качестве десорбирующего агента сетевой природный газ, позволяющий создать метаноорганическую смесь для нужд отопления и тем самым использовать теплотворную способность углеводородных примесей.

Поставленная цель определяет основные задачи исследования:

1. Исследовать десорбцию органических веществ природным газом с целью определения основных характеристик процесса.
2. Разработать технические средства, в частности, сорбционную кассету, позволяющую использовать на стадии адсорбции вентилятор низкого давления, а на стадии десорбции давление сетевого природного газа до 300кПа (газопроводы среднего давления).
3. Исследовать экологические показатели сжигания природного газа с добавкой широко распространенных растворителей.
4. Определить экономическую эффективность разработанной технологии по

сравнению с используемыми методами очистки газовых выбросов.

Научная новизна. Впервые применен в качестве десорбирующего агента природный газ, что позволило полностью устранить балласт из десорбата в виде пара или дымовых газов, которые используются в традиционной технологии. Получена высококалорийная метаноорганическая смесь, пригодная в качестве топлива для котлов малой мощности. Выявлен экологический эффект малой добавки к природному газу, выражающийся в уменьшении выхода оксидов азота NOx.

Практическая ценность. Создана технология очистки газовых выбросов с малой концентрацией органических примесей (до 1 г/м³). Разработан принцип построения сорбционной кассеты, позволяющий использовать на стадии адсорбции вентиляторы низкого давления, а на стадии десорбции давление сетевого природного газа (до 300 КПа). Установлено влияние данной технологии на снижение выхода оксидов азота NOx. Определены области эффективного применения используемых на Украине газоочистных технологий.

Внедрение результатов работы. Результаты работы использованы в технологическом регламенте, выданном Укрग्रипродрезпрому, на проектирование системы газоочистки для Ровенской мебельной фабрики в варианте со стационарной кассетой.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы прошли апробацию на Всесоюзной конференции "Проблемы промышленной экологии и безопасности" (Севастополь, 1991г).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе получен 1 патент Украины.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 120 страницах машинописного текста, иллюстрируется 39 рисунками и 11 таблицами и состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы из 100 наименований и приложения на 19 страницах.

Основные положения, представляемые к защите.

Автор задумает:

газокассетную технологию очистки выбросов от углеродородов;
экологический эффект малой органической добавки к природному газу;
математическую модель влияния малой органической добавки на выход оксидов азота в пламени природного газа.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации рассмотрены три основных метода очистки газовых выбросов промышленных предприятий от углеводородов и паров растворителей: адсорбционный, термокаталитический и термический, а также совмещенные методы - сорбционно-термический и сорбционно-каталитический. Уточнена область использования каждого метода.

Адсорбция и рекуперация применяются при высокой концентрации органических примесей в паровоздушной смеси (ПВС) (более 2 г/м³). Предполагается, что выделенный растворитель будет соответствовать техническим нормам производства. Адсорбционный метод применяют для маломолочных смесей (до 3 компонентов).

Для очистки многокомпонентной ПВС применяют термокаталитический метод. Метод требует подбора катализатора и расхода природного газа.

Термическое обезвреживание в топках котлов универсально по составу и количеству вредных примесей. Применение этого метода ограничивается только мощностью котельной установки. Очистка производится без дополнительного расхода топлива.

При сорбционно-каталитическом методе 95% времени очистка проходит без потребления природного газа при температуре 20-30°С. Метод рассчитан на очистку ПВС от углеводородных примесей малых концентраций (до 10 мг/м³).

Сорбционно-термический метод позволяет концентрировать вредные примеси и сжигать их затем в топке котельной установки или в каталитическом реакторе. Однако полученный этим методом десорбат содержит до 90% негорючих компонентов (СО₂, Н₂О, N₂), являющихся балластом и требующих дополнительного расхода топлива на стадии сжигания десорбата.

Анализ используемых методов газоочистки показал, что при концентрации вредных веществ 1 г/м³ все методы требуют больших энергетических и материальных затрат. Исключением является термическое дожигание в топках котлов, однако этот метод не позволяет очищать большие объемы выбросов.

В традиционной технологии с применением пара или дымовых газов для десорбции энергетический потенциал выбросов используется плохо из-за высокой доли балласта в газовом потоке, направляемом на дожигание. Снижение доли балласта приведет к экономии энергии за счет снижения потерь тепла с уходящими газами.

Анализ литературных и патентных источников показал, что применение сорбента служит наиболее эффективным способом снижения объема ПЭС на стадии дожигания. Однако при продувании потока ПЭС через слой сорбента развивается высокое сопротивление и для осуществления этой операции требуются дефицитные и энергоемкие высоконапорные вентиляторы. Работа подобных вентиляторов сопровождается сильным шумом.

На основании критического анализа существующих методов газоочистки поставлена цель и сформулированы задачи исследования.

Вторая глава посвящена разработке газокассетной технологии на уровне технологического регламента очистки газовых выбросов мебельной фабрики с годовым выбросом растворителей 1,5 т на основе выбросов Ровенской мебельной фабрики.

Метод заключается в совмещении процессов адсорбционной и термической очистки газовых выбросов. ПЭС пропускается через слой твердого сорбента, при этом растворители концентрируются на слое сорбента. После насыщения слоя кассета переводится в режим десорбции. Десорбция проводится сетевым природным газом. Обогретый десорбат, состоящий из природного газа и десорбированных веществ, подается на сжигание через типовую систему газоснабжения котла или другого газоиспользующего агрегата.

Газокассетная технология предназначена для очистки выбросов двухсменного производства. Поэтому кассета рассчитана для работы с точной циклическостью, причем длительность адсорбционного периода должна составлять $\tau_{ад}=15ч$, а регенерация сорбента проводится за $\tau_{рег}=8ч$ (1ч остается на вспомогательные операции). Обеспечение таких условий работы во многом зависит от свойств сорбента. Поэтому выбору сорбента уделялось большое внимание.

Необходим сорбент, обладающий достаточной сорбционной активностью, высокой прочностью и создавший при этом гидравлическое сопротивление не более 2,5 КПа, что обусловлено применением для подачи ПЭС вентиляторов низкого давления.

Выбор проводился между двумя активированными углями АА-1, полученными на основе антрацита на ПО "Краситель" и на ПО "Химпром", и активированными углеродными волокнами (АУВМ). В качестве базы сравнения использовался типовой активный уголь СКТ, предназначенный для адсорбции газов и паров.

Сравнение производилось по технической характеристике материалов, по параметрам их пористой структуры, определенным по эмпирической изо-

терме адсорбции стандартного пара (бензола). Рассматривались показатели динамического процесса адсорбции. Исследовалось изменение гидравлического сопротивления слоя в зависимости от высоты засыпки.

Сопоставительный анализ рассмотренных материалов позволил выбрать активированный антрацит, производимый на ПО "Химпром", т.к. он обладает рядом технологических преимуществ: более высокой динамической емкостью, прочностью, более низким гидравлическим сопротивлением. Однако высота слоя не должна превышать 28 см.

Основной задачей изучения динамики адсорбции являлось установление степени отработки сорбционной емкости. Кинетика адсорбционного процесса не рассматривалась. Степень отработки сорбента определяли с помощью выходных кривых компонентов смеси (ацетона, этанола, толуола, бутилацетата и бутанола), соответствующих выбросам Ровенской мебельной фабрики. Эффективность работы сорбента оценивалась по проскоковой концентрации наименее сорбируемого компонента смеси (этанола). При этом эффективность очистки всей ПВС составила $\Psi=97\%$. По выходным кривым определялась длина работающего слоя L_0 . Динамическая активность оценивалась по скорости потока, концентрации адсорбтива, времени защитного действия и массе слоя сорбента. Время защитного действия зависит от высоты слоя. Проверив эту зависимость по этанолу, определено, что для работы в течение 15ч следует использовать кассету с высотой слоя сорбента $h=23$ см.

Особенностью газокассетной технологии является использование в качестве десорбирующего агента природного газа, а десорбата - в виде топлива. Поэтому стадия десорбции лимитирована расходом природного газа, потребляемого, например, котельной. Исходя из этого, основная задача исследования стадии десорбции состояла в определении реально достижимой минимальной скорости фильтрации природного газа, при которой десорбция пройдет с требуемой эффективностью.

Известно, что с повышением температуры сорбента расход десорбирующего агента резко снижается. Поэтому вначале выбрали температурный режим стадии десорбции. Он выбирался с учетом компонента, скорость десорбции которого наименьшая. Наименее десорбирующимся компонентом являлся толуол. Характерная температура, определяющая температурный режим десорбции толуола, определена в МХТИ Афанасьевым Ю. М. и Кельцевым Н. В. и составляет $t=240$ С. Данная температура принята в качестве рабочей.

Установлено, что при одинаковой скорости нагревания сорбента до постоянной температуры время десорбции мало зависит от скорости фильтрации природного газа (рис. 1). В качестве рабочей принята скорость фильтрации $w = 0,003$ м/с. Использовался внешний разогрев сорбента электрической ^{ПГ} спиралью.

Основное количество растворителя при десорбции выделялось в течение первого часа процесса, причем максимальные концентрации достигали $c = 50$ г/м³, что составляет 7% от массы природного газа (рис. 2).

В результате исследования предложен принцип построения сорбционной кассеты, удовлетворяющей условию использования вентиляторов низкого давления на стадии адсорбции и давления сетевого природного газа на стадии десорбции (рис. 3).

Разработана технологическая схема процесса на объем ПВС = 10000 м³/ч. Для очистки такого объема выбросов необходима сорбционная кассета диаметром $d=1$ м и высотой $H=3$ м, имеющая 12 сорбционных слоев. При адсорбции ПВС делится на двенадцать потоков, которые проходят через параллельно расположенные слои сорбента. При десорбции природный газ пропускается последовательно через все 12 слоев. Для очистки ПВС с концентрацией углеводородов $c = 200$ мг/м³ необходимо 1400 кг сорбента. Масса одного слоя - 114 кг.

Средства нагрева сорбента до температуры десорбции, а также средства охлаждения десорбата и подачи его в газопровод в данной работе не рассматривались.

В третьей главе исследовалось сжигание природного газа, содержащего малые добавки растворителей.

В результате осуществления первой стадии очистки выбросов по методу газокассетной технологии в сетевой газопровод поступает для последующего сжигания природный газ, содержащий органические добавки в количестве до 7%.

Целью исследования было определение влияния органической добавки на экологические показатели продуктов сгорания метаноорганической смеси, так как предварительно установлено, что ее теплотехнические показатели (число Воббе) изменяется в допустимых пределах. Экологические показатели определялись при $1,2 < \alpha < 1,8$.

Сжигание метаноорганической смеси в лабораторной установке показало, что степень обезвреживания по основным компонентам $\gamma = 0,99$, при этом установлена зависимость степени обезвреживания малой добавки от времени ее пребывания в зоне горения, обусловленного выгоранием

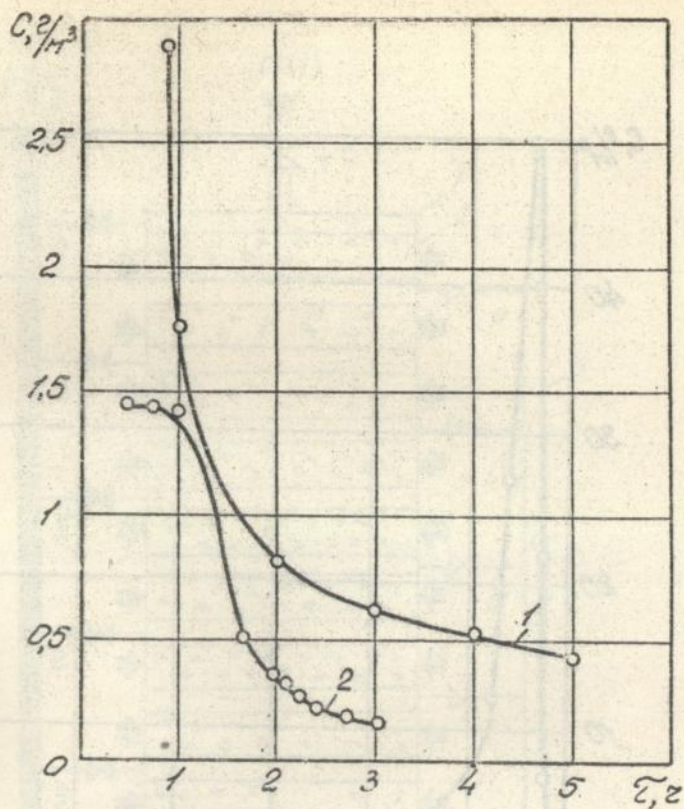


Рис. 1. Динамика десорбции толуола природным газом при скорости фильтрации: 1 - $0,003 \text{ м/с}$; 2 - $0,03 \text{ м/с}$.

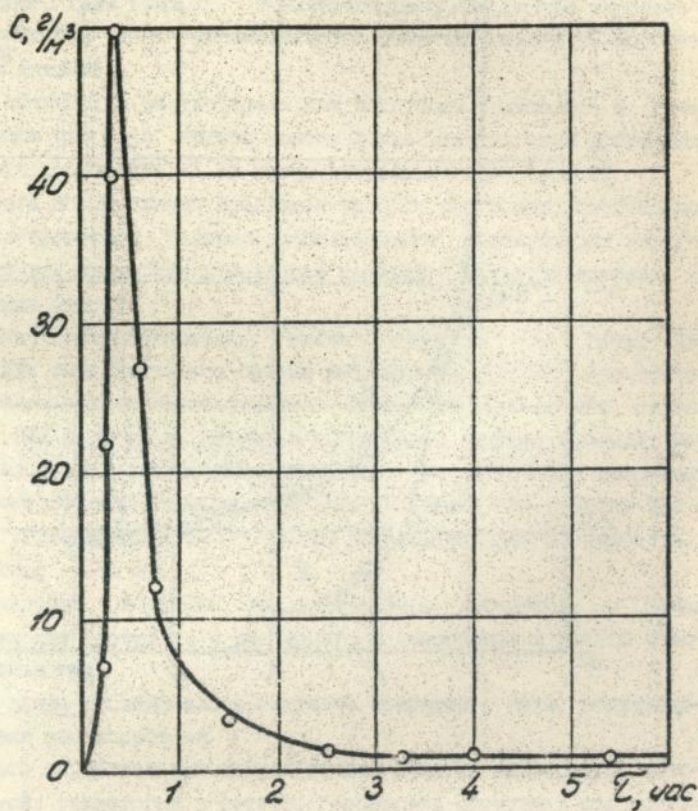


Рис. 2. Динамика десорбции смеси растворителей при скорости фильтрации $w=0,003$ м/с.

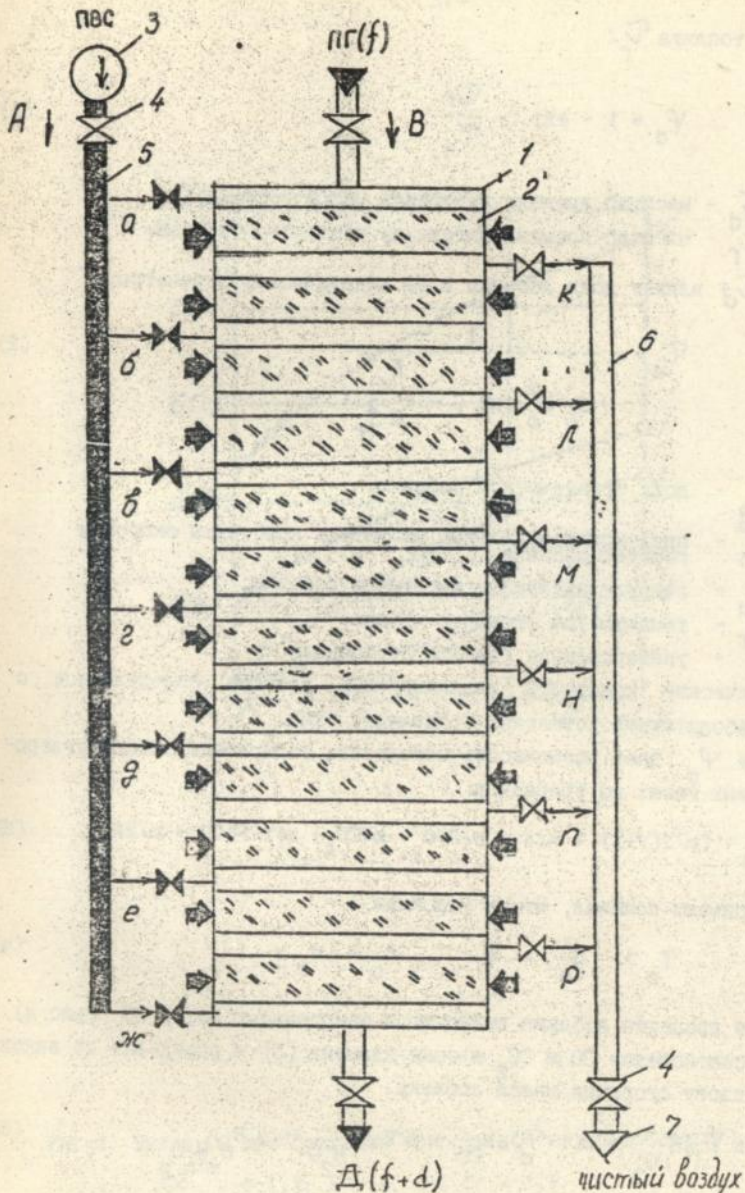


Рис. 3. Схема сорбционной кассеты для ГКТ-10 (нумерация по тексту).

основного топлива τ_f :

$$\varphi_d = 1 - \exp\left(-\frac{\tau_f}{\tau_d}\right) \quad (1)$$

где τ_d - масштаб времени выгорания малой добавки,
 τ_f - масштаб времени выгорания основного топлива.

На τ_d влияет доля добавки и ее кинетические параметры:

$$\tau_d = \frac{1}{d_o k_o^d \exp\left(-\frac{E_d}{R T_f}\right)} \quad (2)$$

где d - доля органической добавки,

k_o^d - предэкспоненциальный множитель константы скорости горения добавки,

E_d - энергия активации выгорания добавки,

T_f - температура сгорания метана,

R - универсальная газовая постоянная.

Кинетические константы анализируемых веществ определялись с помощью лабораторной установки проточного типа.

Знание φ_d дает возможность определить содержание оксида углерода в дымовых газах по уравнению:

$$\begin{matrix} \text{C} & \text{H} & \text{O} & + & [m/2(\varphi_d+1) & + & n/4 & - & p/2] & \text{O}_2 & = & m\varphi_d \text{CO}_2 & + & m(1-\varphi_d) \text{CO} & + & n/2 \text{H}_2\text{O} \end{matrix} \quad (3)$$

Эксперимент показал, что в условиях

$$f_o \gg d_o \quad \text{и} \quad f_o + d_o = 1 \quad (4)$$

увеличение процента добавки приводит к монотонному росту CO (рис. 4).

Зная соотношение CO и CO₂ в зоне пламени (3) и определив по закону Гиббса теплоту сгорания малой добавки

$$Q_d = m\varphi_d \Delta H_{\text{CO}_2} + m(1-\varphi_d) \Delta H_{\text{CO}} + n/2 \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H_{\text{C}_m\text{H}_n\text{O}_p} \quad (5)$$

оценивалось изменение температуры пламени под влиянием малой органи-

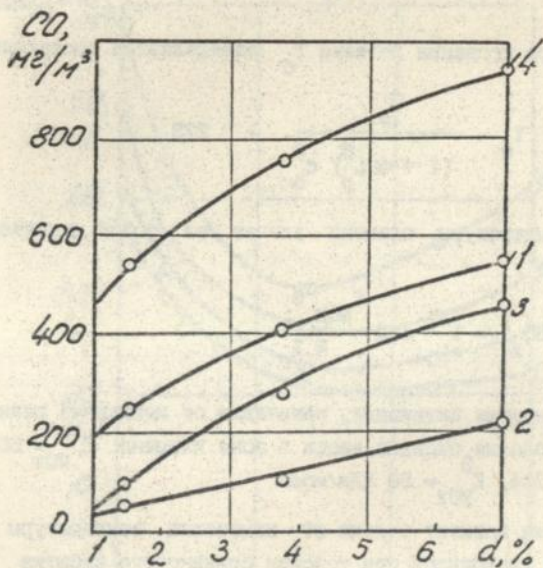


Рис. 4. Выход CO при сжигании природного газа с добавкой ацетона

α : 1-1,2; 2-1,4; 3-1,6; 4-1,8.

ческой добавки

$$\theta = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{d}{T_f} - 1\right) d_o} \quad (6)$$

причем температура сгорания добавки T_d определяется соотношением

$$T_d = \frac{Q_d}{(1 + \alpha L_o^d) c_o^d} + 273 \quad (7)$$

Изменение температуры пламени влечет за собой изменение выхода оксидов азота NO_x :

$$\Delta [NO_x] = 1 - \exp \frac{E_{NO_x} \theta}{R T_f} \quad (8)$$

где E_{NO_x} - энергия активации, зависящая от механизма реакции образования оксидов азота в зоне пламени: $E_{NO_x}^1 = 566$, $E_{NO_x}^2 = 314$, $E_{NO_x}^3 = 88$ КДж/моль.

Данная формула зависит только от изменения температуры пламени, т.к. эксперимент проводился при условии одинакового избытка α для добавки и основного топлива.

На рис. 5 показан выход NO_x в дымовых газах. Из рисунка видно, что выход NO_x снижается при изменении $1,2 < \alpha < 1,8$. С ростом добавки NO_x изменяется экстремально, причем минимальное значение соответствует 3% добавке. Несмотря на то, что температура горения ацетона $T_d = 2100$ К (выше температуры горения природного газа $T_f = 2023$ К, снижение концентрации NO_x свидетельствует о понижении температуры метаноорганической смеси вследствие запаздывания сгорания малой добавки по сравнению с метаном. Во фронте пламени метана малая добавка не успевает окислиться до CO_2 и распадается на CO и CO_2 (3). Таким образом, достаточно малая добавка обладает повышенной проникающей способностью по отношению к фронту пламени, т.е. относительно температурной волны горения.

Т.к. принято раздельное нормирование выбросов NO и NO_2 , причем токсичность NO_2 значительно выше токсичности NO , измерялось содержание

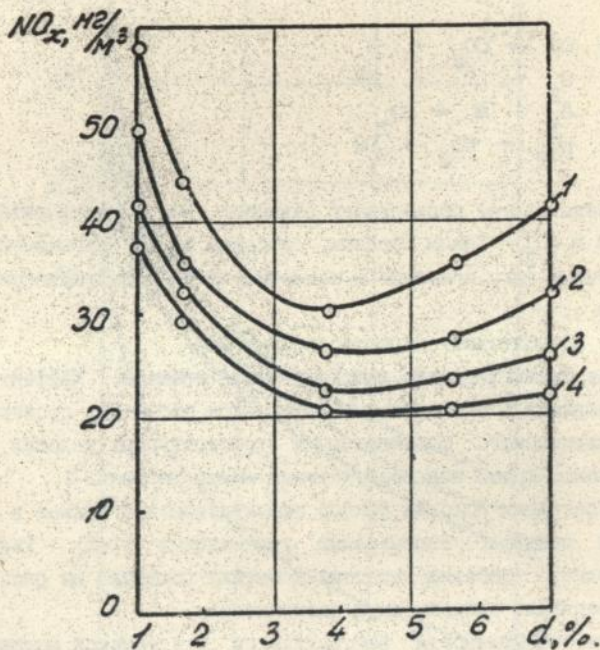
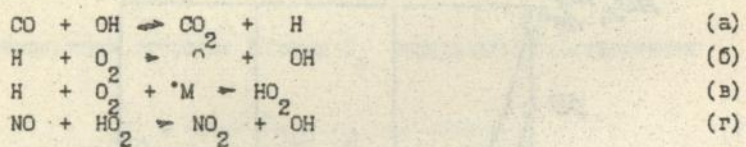


Рис. 5. Выход суммы оксидов азота NO_x при сжигании природного газа ($T_f = 2023 K$) с добавкой ацетона ($T_d = 2100 K$)
 α : 1-1,2 ; 2-1,4 ; 3-1,6 ; 4-1,8 .

NO в дымовых газах. Определено, что концентрация NO₂ монотонно убывает с ростом d и увеличивается с увеличением α (рис. 6).

На концентрацию NO₂ оказывает влияние содержание CO в дымовых газах. Процессы доокисления NO в NO₂ и CO в CO₂ связаны между собой реакциями:



Рост CO препятствует образованию радикала NO₂ и, следовательно, доокислению NO в NO₂. Таким образом, добавка до 7% органических веществ к природному газу приводит к снижению выброса высокотоксичного диоксида азота.

Содержание NO повторяет характер кривых NOx.

Наблюдаемое балластирующее действие малой добавки, "эффект запаздывания", приводящий к снижению выхода оксидов азота NOx проверялся с помощью математического моделирования температурных условий горения метаноорганической смеси под воздействием малой добавки.

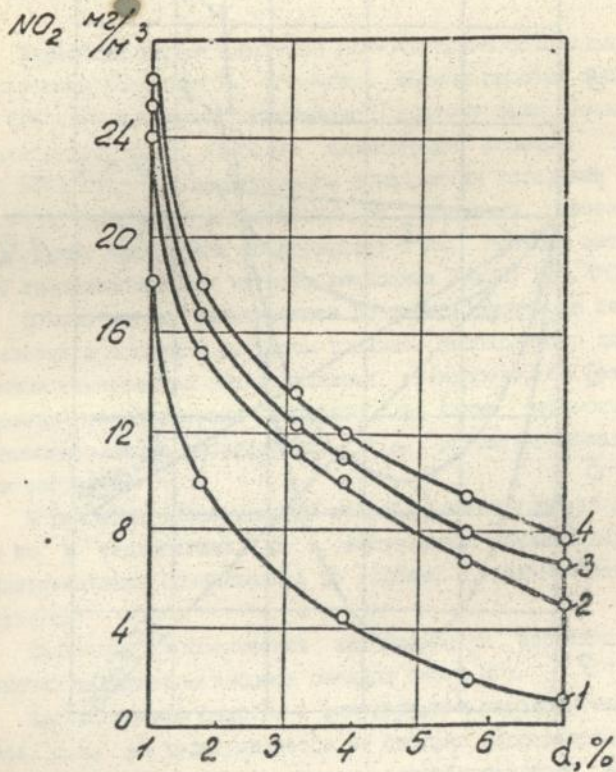
В основу программы положен фактор эффективности сгорания в зависимости от доли добавки, описываемый уравнениями (1;2). Результаты расчета на примере добавки ацетона к метану показаны на рис. 7. Вычисления подтверждают эмпирическую зависимость.

Определение эффективности нейтрализации исследуемой метаноорганической смеси показало снижение суммарной токсичности (L_Σ) дымовых газов при изменении 1% < d < 4%. Снижение достигается в основном за счет уменьшения доли диоксида азота в выбросах. При увеличении добавки 4% < d < 7% L_Σ незначительно повышается. Изменение L_Σ по α показывает минимальный уровень токсичности при α = 1,4, что объясняется вкладом CO в L_Σ.

Т.о., применение газокассетной технологии способствует снижению выброса оксидов азота при сжигании природного газа.

Теплотехнический анализ полученной метаноорганической смеси показал соответствие ГОСТу 5542-87 ее числа Воббе (Wo=47000-49000 КДж/м³). Поэтому применение подобного топлива не требует специальной реконструкции горелочных устройств.

В четвертой главе производится сравнение технико-экономических по-



ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Рис. 6. Виход діоксида азота NO_2 при зжиганні природного газу з додаванням ацетона.

α : 1-1,2 ; 2-1,4 ; 3-1,6 ; 4-1,8

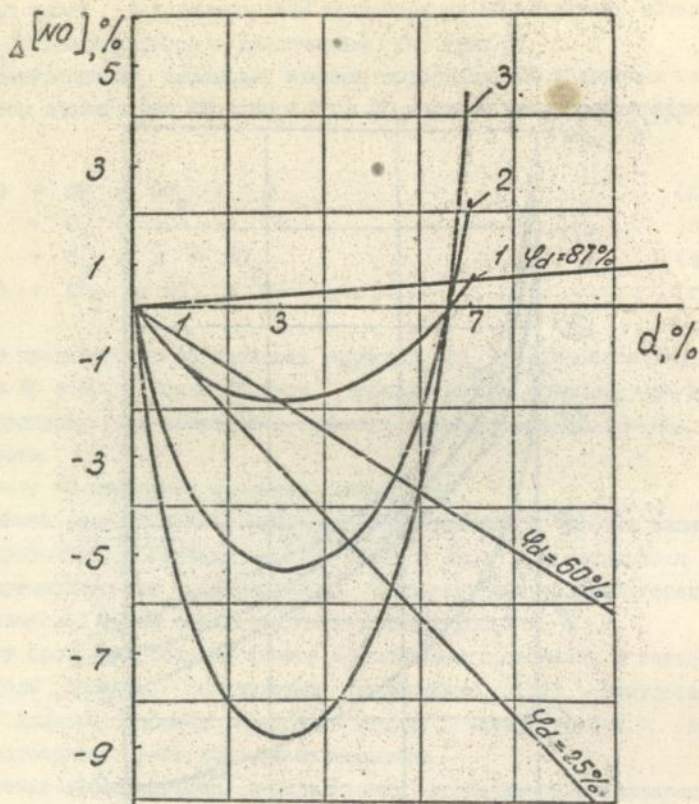


Рис. 7. Влияние малой добавки ацетона на выход $[NO_x]$.

1-равновесная концентрация $E = 88 \text{ КДж/м}^3$;
 NO_x

2-кинетический выход NO_x при $E=314 \text{ КДж/м}^3$;

3-термический выход NO_x при $E=566 \text{ КДж/м}^3$.

показателей основных методов очистки газовых выбросов и определяется область эффективного применения каждого метода. Сравниваются конструктивные и экологические характеристики соответствующих аппаратов очистки.

Важнейшей характеристикой газоочистного оборудования является его пропускная способность. Реальные объемы газовых выбросов могут изменяться в самом широком диапазоне, поэтому было решено остановиться на сравнении четырех наиболее характерных объемов: 25, 50, 75 и 100 тыс. м³/ч ПЭС. На промышленном предприятии котельная обычно располагается на некотором расстоянии от источника газовых выбросов. Это расстояние чаще всего не превышает 1 км, поэтому затраты на транспорт ПЭС сравнивались для четырех возможных S=250, 500, 750 и 1000 м.

Обычно методы сравниваются по себестоимости, а себестоимость определяется в основном расходом топлива, необходимого для поддержания заданной температуры обезвреживания, электроэнергии, затраченной на преодоление сопротивления аппарата, а также стоимостью аппарата и его вспомогательного оборудования, т.е. затратами металла, катализатора или сорбента.

В условиях экономической нестабильности удобнее рассмотреть затраты не в стоимостных, а в натуральных показателях. Поэтому методы обезвреживания сравнивались по годовым и удельным затратам сырья и материалов.

Сравнение экологических характеристик производилось по степени очистки и снижению выброса оксидов азота NOx.

Адсорбционная очистка с рекуперацией растворителя не рассматривалась, т.к. ее целью является не столько непосредственно очистка газовых выбросов, сколько возврат адсорбированного вещества в производственный цикл. А выделение уловленного продукта связано с высокими дополнительными затратами. Поэтому сравнение проведено по затратам на процесс непосредственного обезвреживания ПЭС.

Из сравнения также исключен сорбционно-каталитический метод, т.к. он рассчитан на очистку газовых выбросов малых объемов (до 1 тыс. м³/ч) и применение сорбционно-каталитических реакторов для очистки больших объемов выбросов нерентабельно.

Технико-экономическое сравнение проводилось для условий двухсменного производства из расчета 250 рабочих дней в году и показало, что наиболее дешевым методом является дожиг ПЭС в топках паровых котлов. Затраты на этот метод определены с учетом эксплуатации котельной в ре-

желе форсировки в летний период.

Расчет показал преимущество разрабатываемой газокассетной технологии по сравнению с традиционной сорбционно-термической очисткой по всем показателям (см. табл. 1). Удельные затраты на термokatалитическую очистку ниже, чем на газокассетную технологию, однако термokatалитическая очистка требует затрат природного газа, а при использовании газокассетной технологии экономия природного газа составляет 0,2 м³/1000 м³ ПРС.

Таблица 1.

Удельные (на 1000 м ³ ПРС) затраты на очистку						
Параметры	Ед. изм.	T	TKP	CT	TKT	
S	м	500	-	-	-	
N	кВт	0,5	1,2	2,8	0,9	
B	м ³	0,9	4	0,2	-	
B _{пг} ⁺	м ³	-	-	-	0,2	
G _{пг}	т	-	-	1,2	-	
M _{пар}	т	0,3	0,9	5	1,2	
C	т	-	-	0,4	0,1	
K	кг	-	40	-	-	

Экологические показатели очистки ПРС показаны в табл. 2.

Таблица 2.

Экологические показатели методов очистки	
Варианты	Степень очистки, % : Снижение выброса NO _x , %
Термический	99
Термokatалитический	97
Сорбционно-термический	97
Газокассетная технология	97
	30

Таким образом, газокассетная технология по экономическим и экологическим показателям является перспективным методом очистки ПРС.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана газокассетная технология очистки выбросов в атмосферу от углеводородов. Технология позволяет использовать энергетический потенциал выбросов промышленных предприятий в котельных установках или других газоиспользующих агрегатах.
2. Впервые в качестве десорбирующего агента использован природный газ, на что получено авторское свидетельство СССР 1768249 и па-

тент Украины 844.

3. Установлены технологические параметры десорбции растворителей природным газом при скорости последнего $w=0,003$ м/с. Эффективность процесса $\varphi = 97\%$.
4. При исследовании сжигания природного газа с малыми добавками растворителей установлен экстремальный характер выхода NO_x для добавки, имеющей температуру горения (T_d) выше, чем у метана (T_f). Показано, что при $T_d > T_f$ снижение выхода NO_x имеет место только при достаточно малой доле добавки (3-5%) в основном топливе в результате "эффекта запаздывания".
5. Разработана математическая модель выгорания малой добавки во фронте пламени с учетом противодействующих факторов, в частности, концентрации и температуры, чем обусловлен экстремальный характер выхода NO_x .
6. Показано, что при сжигании газа с малыми добавками растворителей выход оксида углерода монотонно возрастает вследствие "эффекта запаздывания".
7. Установлено, что суммарные экологические показатели горения природного газа с малыми добавками растворителей улучшаются по сравнению с метаном на 25-30%.
8. Проведено технико-экономическое сравнение методов очистки ПЭС на основе процессов адсорбции, катализа и дожигания и показано, что газокассетная технология является перспективным методом очистки газовых выбросов от углеводородов по энергетическим и экологическим показателям, т.к. не только не требует дополнительного расхода топлива, но даже позволяет экономить 0,2 м³ природного газа на 1000 м³ очищаемой ПЭС и снижает выбросы оксидов азота на 30 %.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Патент Украины 844 (по а.с. 1768249 СССР) "Способ обезвреживания газовых выбросов" / Гуревич Н.А., Марченко Г.С., Кисаров В.М., Павлюк Н.Ю.
2. Павлюк Н.Ю., Гуревич Н.А., Аксенов В.Л., Жуковская С.Л. Изучение условий термического обезвреживания этилацетата и ацетона в топках котлов // Химическая технология. - 1991. - 5. - С. 97-99.
3. Павлюк Н.Ю., Аксенов В.Л. Состав газовых выбросов производства искусственных кож // Химическая технология. - 1991. - 6. - С. 99-100.

4. Павлюк Н. Ю., Гуревич Н. А., Жуковская С. Л. Характерные условия высокотемпературной очистки этилацетата // "Проблемы промышленной экологии и безопасности". Тез. докл. (Севастополь, 10-11 июня 1991 г) - Изд. - во МГТУ, 1991. - С. 76.
5. Павлюк Н. Ю., Гуревич Н. А. Эффективные технологии очистки газовых выбросов от органических примесей. - К.: ИГ АН Украины, 1992. - 24с. (Новое в науке, технике и пр-ве: Обзор. информ. Сер. Охрана окружающей среды и рац.л. использ. природ. ресурсов, Вып. 1).
6. Гуревич Н. А., Павлюк Н. Ю. Исследование экологических показателей горения метаноорганической смеси // Экотехнология и ресурсосбережение. - 1993. - 4. - С. 48-52.

Павлюк

Подписано к печати 9.12.93г. формат 60x84/16
Бумага офсетная Усл.-печ. лист. 10. Уч.-изд. лист 10.
Тираж 100. Заказ 996.

Полиграф. уч-к Института электродинамики АН Украины
252057, Киев-57, проспект Победы, 56.

150599

AB 29.042