

УДК 66.047:621.357-004.8:691.5

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

*Н.Е. Журавская
(Киевский национальный университет
строительства и архитектуры)*

Для обезвреживания газообразных горючих загрязнителей (метана, H_2S) и летучих органических соединений в отбросном воздухе избрано направление по созданию термokatалитического реактора с использованием новых носителей катализаторов.

Для знешкодження газоподібних горючих забруднювачів (метана, H_2S) та летких органічних сполук у відкидному повітрі обраний напрямок по створенню термokatалітичного реактора з використанням поверхневих катализаторів.

The research work is dedicated at development of a thermocatalytical reactor for decontamination of gaseous combustible contaminants / pollutants in the foul used air with the use of new advanced carriers and catalysts.

Во второй половине XX столетия проблема загрязнения атмосферного воздуха получила особую остроту. В.И. Вернадский назвал XX век антропогенной эрой в истории Земли [7]. Среди основных проблем, возникших в результате и являющихся последствием — глобальное потепление, кислотные дожди, истончение озонового слоя и появление озоновых дыр, повышение токсичности окружающей среды, ухудшение здоровья населения. Плотность выбросов от стационарных источников загрязнения в расчете на квадратный километр территории Украины составляет 7,5 т вредных веществ, а на душу населения — 98 кг. Однако, в отдельных регионах эти показатели значительно превышают средний уровень по стране [11].

В течение 2008 г. в атмосферу поступило 7,2 млн т загрязнителей воздуха (рис. 1). По суммарному количеству опасных ве-



Рис. 1. Структура выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения за 2008 г. [11]

ществ, поступивших в атмосферу, выбросы метана и оксида азота, которые относятся к парниковым газам, составляют соответственно 648,3 и 3,6 тыс. т. Кроме этих веществ, в атмосферу за 2009 г. было выброшено 105,2 млн т диоксида углерода, который также оказывает влияние на изменение климата [12]. Эту ситуацию можно изменить только за счет экологизации деятельности предприятий [10].

Проблемы экологической безопасности решаются путем усовершенствования традиционных методов очистки газо-воздушных выбросов, новыми высокоэффективными, малоэнергоёмкими, технологическими способами, которые преобразуют эти соединения в экологически безопасные продукты.

При очистке больших объемов вентиляционных выбросов одной из проблем является присутствие в отбросном воздухе летучих углеводородов в малых концентрациях. Поэтому эффективным направлением оздоровления биосферы является предотвращение этих выбросов в окружающую среду.

Существуют различные методы очистки отработанного загрязненного воздуха. К ним относятся: химические, физические, биохимические способы. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки, но все они в основе своей неэкономичны для процесса «экологического катализа» [6]. Специфичность метода состоит в том, что очистке подвергаются большие объемы отходящих газов с малым содержанием примесей.

Перспективними для этих процессов являются термические методы, в том числе термокаталитическое окисление углеводов. Их сущность состоит в том, что под действием специальных веществ или катализаторов присутствующих в отходящих газах, примеси превращаются в нейтральные вещества либо в соединения, легко удаляемые из газовой смеси. Процесс на твердых катализаторах может состоять из таких стадий:

- внешняя диффузия реагирующих веществ к поверхности катализатора;
- внутренняя диффузия в порах зерна катализатора;
- активированная (химическая) адсорбция одного или нескольких реагирующих компонентов на поверхности катализаторов;
- перегруппировка атомов (химическая реакция);
- обратная диффузия продукта в порах зерна катализатора;
- диффузия продуктов от поверхности зерна.

Каждая из стадий каталитического процесса обладает энергией активации (внутренней энергией), значительно меньшей, чем энергия активации катализатора. Общая скорость каталитического процесса определяется стадией и может лимитироваться наиболее медленной из них.

Различают процессы, протекающие в кинетической, внешне-диффузионной и внутридиффузионной областях, в соответствии с этим существуют определенные требования к природе и структуре катализаторов, а также к конструкции реакторов [3].

В кинетической области суммарная скорость хаотического процесса лимитируется скоростью химической реакции и не зависит от процесса переноса, а зависит от природы реагирующих веществ и катализаторов.

Во внешней диффузионной области суммарная скорость процесса лимитируется скоростью подвода (диффузии) реагирующих веществ в зоне реакции, а сама химическая реакция протекает мгновенно.

Большое влияние оказывает температура, она изменяет не только скорость реакции, но и лимитирующую стадию процесса. При относительно низких температурах, концентрации реагирующих веществ и продуктов реакции по глубине зерна уменьшаются незначительно и близки к концентрации их в газовом потоке, т.е. $C_1=C_2=C_3=C_4$ [8].

В некоторых конструкциях используется заранее нагретый газ, в других вариантах подогревают поверхность, на которой происходит реакция с использованием теплоносителей. Перспективным

может быть организация термokatалитического процесса с использованием пористых носителей и положительный градиент — температур в пограничном слое. Подобный опыт имеется, однако создается это с условием чрезмерных затрат [2].

Внутридиффузионная область требует много времени, диффузия протекает медленно, а нас интересует скоростные реакции (в зернистых, металлических носителях), где доминируют внешнедиффузионные или кинетические процессы.

Решение поставленных задач по применению пористых пластин с электрообогревом позволяет создать комплексное оборудование с эффективностью на уровне 60–70% из доступных материалов.

В существующих термokatалитических реакторах (ТКР) стартовые температуры обеспечиваются путем нагревания газовых смесей перед контактом с катализатором, такие конструкции характеризуются появлением значительного количества тепла отбросного газа [6]. Эту теплоту можно использовать для подогрева очищаемого воздуха и для других целей, однако рекуператоры довольно громоздкие и материалоемкие [9]. Одним из способов снижения энергоемкости таких каталитических реакторов являются нагрев носителей каталитической массы, при этом отпадает необходимость в стартовом подогреве воздуха. Нагрев носителя может происходить за счет отдельных теплоносителей, продуктов сгорания топлива, либо с помощью использования электрического тока [5].

Цель: проверка работы катализатора для больших объемов газовых выбросов с низкой концентрацией (от 13 V%) летучих углеводородов.

Создана установка с рабочей частью в виде керамического блока (рис. 2), внутри которого в огнеупорной массе есть канал для исследования размещенных металлокерамических пластин [3]. Пластины в свою очередь используются как носители каталитической массы (композиция металлокерамических пластин включает 30% каталитически активных веществ и определенного количества вяжущего).

Одним из способов усовершенствования ТКР, применяемых на нашем стенде, является отдельное нагревание носителя каталитической массы при пропускании электрического тока через носители.

Стенд запроектирован и выполнен с возможностью исследования:

- температуры носителя $t = 100–400^{\circ}\text{C}$;
- скорости движения газо-воздушной смеси $w = 0,5–0,7$ м/с;
- концентрации метана $c = 0,5–1$ г/м³;

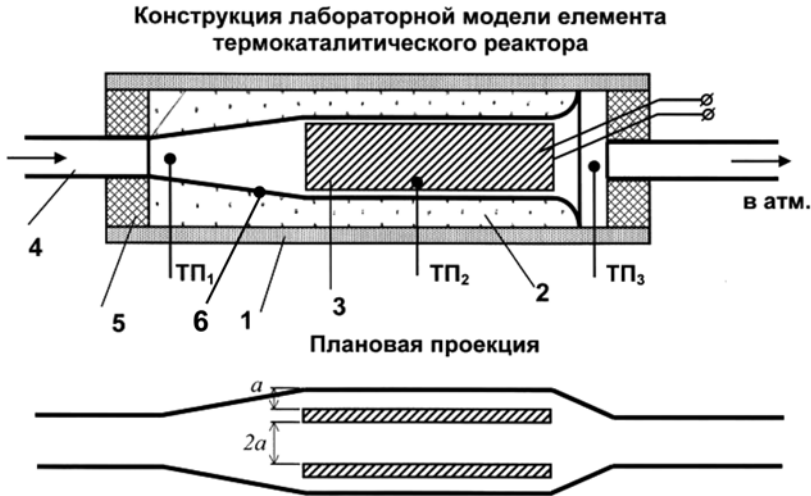


Рис. 2. Конструкция модели элемента ТКР:

- 1 — керамическая трубка (блок), 2 — теплоизоляционная масса,
- 3 — блок-носитель (в канале), 4 — металлическая трубка,
- 5 — огнеупорный уплотнитель, 6 — стенка канала;
- ТП₁, ТП₂, ТП₃ — термомары

- необходимого состава каталитической массы, например, при использовании активного осадка, полученного из отходов гальванических производств.

Предварительный анализ эффективности процессов теплообмена показал перспективность выбора ламинарного режима течения газо-воздушной смеси в каналах, при котором теплообменный и массообменный критерий Nu могут быть постоянными, и уменьшение гидравлического диаметра канала будет сопровождаться увеличением коэффициента теплообмена. Длина канала выбрана из условия ее соответствия длине гидродинамической стабилизации.

Первые проведенные опыты позволили сводить тепловые балансы, определить коэффициенты теплообмена на поверхности и подготовиться ко второй части эксперимента с массообменом. Обобщенным результатом первых опытов служит созданный стенд (рис. 3).

Необходимый количественный расход газо-воздушной смеси (воздух, метан) пропускается через рабочие части реактора и контроли-

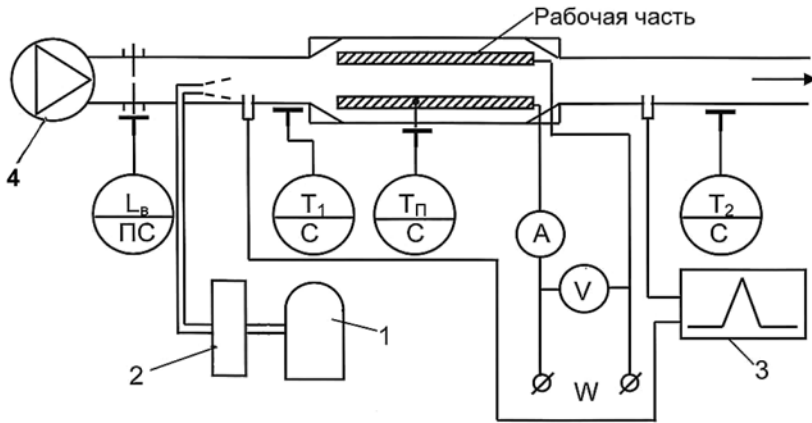


Рис. 3. Стенд для исследования металлокерамического носителя для ТКР:

1 — источник CH_4 , 2 — реометр, 3 — хроматограф, 4 — компрессор.

рується при помощи реометров. Температура пластин и газо-воздушной смеси на входе и выходе исследуемого канала контролируется термопарами (хромель-алюмель). На входе и выходе из установки осуществляется хроматографический контроль газовой смеси.

Конструкция ТКР позволит уменьшить энергетические затраты на процессы газоочистки, так как не требует дополнительного подвода тепла на подогрев смеси [1].

Исследования показали, что отходы в виде осадков, образующихся при очистке отработанных растворов гальванических производств и содержащие в своем составе ионы меди и хрома, можно использовать в качестве сырья для катализаторов [4]. Затраты на дорогостоящие химические чистые соединения меди и серы уменьшаться. Таким образом решаются эколого-экономические задачи — полезное использование отходов (шламов) гальванических производств в природоохранных технологиях, т.е. с помощью ТКР осуществлять очистку вентиляционных выбросов, в том числе и на канализационных сооружениях, над организованными выбросами (механические решетки, песколовки, первичные отстойники — со следовыми, остаточными концентрациями) от летучих углеводородов.

* * *

1. Быстров П.И. Гидродинамика коллекторных теплообменных аппаратов / П.И. Быстров, В.С. Михайлов. — М.: Энергоиздат, 1982. — 224 с.
2. Кузнецов И.Е. Справочник. Оборудование для санитарной очистки газов / И.Е. Кузнецов, К.И. Шмат, С.И. Кузнецов. — К.: Техника, 1989. — 304 с.
3. Кривенко П.В. Жаростойкие электропроводные материалы на основе шлакощелочных связей / П.В. Кривенко, Е.К. Пушкарева, С.Г. Гузий // Строительные материалы, изделия и конструкции со специальными эксплуатационными свойствами. Тез. докл. респ. семинара, 28—29 сент., 1993, Киев, С. 14—15.
4. Новопашин А.А. Шламы водоочистки и водомягчения строительных растворов / А.А. Новопашин, С.Б. Арбузова, С.Ф. Коренькова // Водоснабжение и санитарная техника. — 1986. — № 11. — С. 6—7.
5. Клименко Л.П. Техноекологія / Л.П. Клименко. — Сімферополь: Таврія, 2000. — 524 с.
6. Власенко В.М. Каталитическая очистка газов / В.М. Власенко. — К.: Техника, 1973. — 200 с.
7. Вернадский В.И. Биосфера / В.И. Вернадский. — М.: Мысль, 1967. — 376 с.
8. Ратушняк Г.С. Теоретичні основи технології очищення газових викидів / Г.С. Ратушняк. — Вінниця: ВДТУ, 2002. — 96 с.
9. Засоби очищення газових викидів: навчальний посібник / Г.С. Ратушняк, О.Г. Лялюк. — ІВНВКП «Укреліотех», 2009. — 204 с.
10. Національна доповідь про стан навколишнього та природного середовища в Україні за 2007 р. — К.: Міністерство навколишнього та природного середовища, 2007 р. — 302 с.
11. Остапчук Ю.М. Довідка про довіклля України / Ю.М. Остапчук. — К.: . Міністерство навколишнього та природного середовища, 2008. — 9 с.
12. Осауленко О.Г. ЕКСПРЕС-ВИПУСК / О.Г. Осауленко // Державний комітет статистики України. — 18.11.2009. — № 247. — 2 с.

Отримано: 2.09.2010 р.