

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ГАЗООЧИСТКИ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Гонопольский А.М., Дыган М.М.

Московский государственный университет инженерной экологии

Принципы создания систем очистки отходящих газов МСЗ базируются на многолетнем эмпирическом опыте разработки и эксплуатации оборудования и, как правило, имеют под собой модели описывающей отдельные агрегаты, но не систему в целом. Именно поэтому пусконаладочные работы систем газоочистки МСЗ представляют собой длительный процесс на грани искусства. Постоянное совершенствование технологий термической переработки ТБО, естественно ведет к изменению технологии и алгоритмов, как пусконаладочных работ, так и управления эксплуатационными режимами процессов в газоочистных сооружениях. В этих условиях необходим новый - системный подход к созданию и управлению газоочистными сооружениями МСЗ. Первым шагом здесь является экспериментальное исследование физико-химических процессов в системе газоочистки, а затем и разработка системной модели газоочистки МСЗ. Решению этих задач посвящена данная работа. В целях построения такой модели были проведены эксперименты на промышленной мусоросжигательной установке фирмы «СНИМ» технологической линии Спецзавода №2 ГУП «Экотехпром» при различной производительности от 7 до 9,2 (проектная 8,33) тонн ТБО в час.

Результаты экспериментов представлены в виде графиков, на которых по длине газового тракта выделены 8 участков: топка и радиационная часть котла (1), конвективная часть котла (2), экономайзер (3), газоход между экономайзером и абсорбером (4), абсорбер (5), газоход между абсорбером и рукавным фильтром (6), рукавный фильтр (7), газоход между рукавным фильтром и дутьевым вентилятором (8) (см. рис. 2 - рис. 4 участки 1-8).

Полученные экспериментальные данные позволяют построить ряд аппроксимирующих регрессионных соотношений, описывающих изменение физико-химических параметров потока отходящих газов по тракту газоочистки. Эти соотношения и представляют собой модель для системного управления газоочистным оборудованием МСЗ.

Схема технологической линии Спецзавода №2 приведена на рис.1.

На рис. 2, рис. 3 и рис. 4 показаны результаты экспериментов по определению изменения температуры, разрежения и концентрации загрязняющих веществ дымового газов по длине газоочистного тракта.

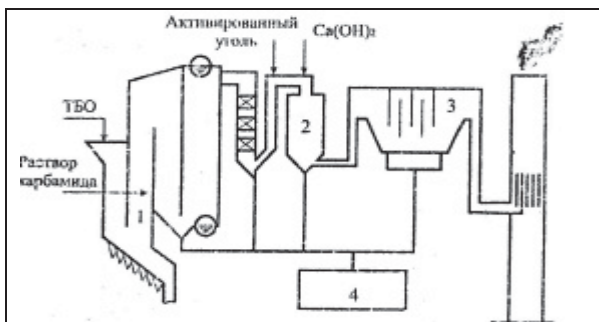


Рис. 1. Схема технологической линии Спецзавода №2 ГУП "Экотехпром": 1 - котел; 2 – абсорбер; 3 - рукавный фильтр; 4 - бункер золы.

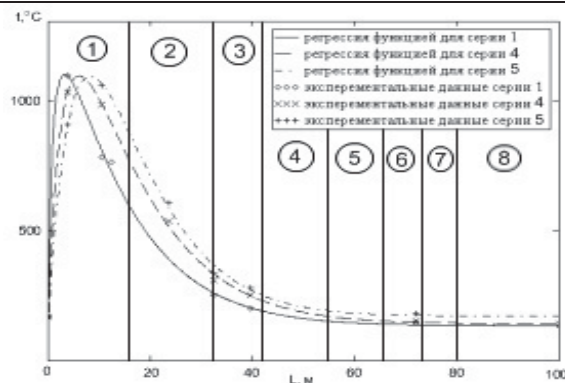


Рис. 2. Изменение температуры дымовых газов по длине газового тракта

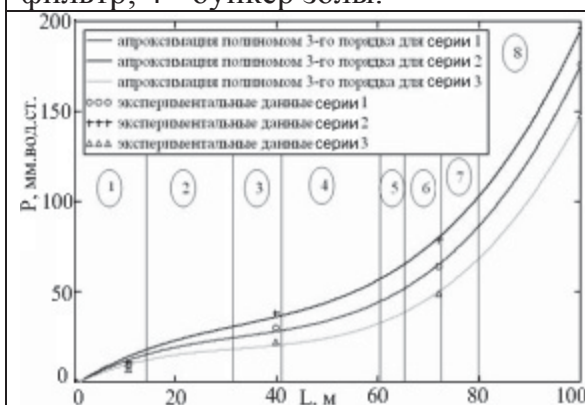


Рис. 3. Изменение разрежения дымовых газов по длине газового тракта

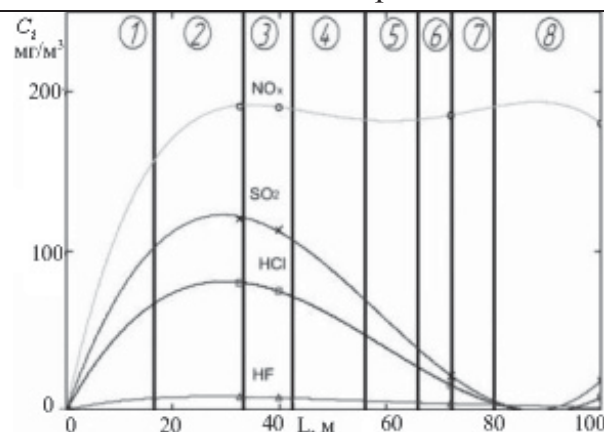


Рис. 4. Изменение концентрации HCl, HF, SO₂, NO_x в дымовых газах по длине газового тракта

Эксперименты серии №1 (при производительности 7.0 тонн ТБО в час соответственно) на рис. 2 показывают совпадение температурных полей. В экспериментах серии №4 и №5 (при производительности 9.0 и 9.2 тонн ТБО в час соответственно) происходит смещение температурного поля по всей длине газового тракта и более поздний набор максимальной температуры при сохранении характера кривой. Установлено, что с увеличением поступающего количества ТБО на колосниковые решетки, происходит рост слоя мусора по высоте, а это приводит к увеличению времени сушки мусора и его более позднему зажиганию. При визуальных наблюдениях происходит смещение фронта горения по длине решетки. В правой части графика на участках 1, 2 и 3 происходит резкое снижение температур за счет процессов теплообмена с внешним хладагентом (паром). На участке 5 графика в поток дымовых газов впрыскивается суспензия известкового молока, которая по мере движения по абсорберу высыхает, тем самым, охлаждая дымовые газы. Далее по графику

уменьшение температур незначительное – здесь происходит процесс механической очистки дымовых газов, процессы теплообмена незначительны.

На рис. 3. показаны результаты экспериментов серии №1, №2 и №3 (при производительности 7.0, 7.5 и 8.3 тонн ТБО в час соответственно) по определению изменения разрежения дымовых газов по длине газоочистного тракта. На изменение разрежения оказывает влияние сопротивление участков газоочистного тракта.

Разрежение возрастает от минимального значения в топке, где оно создается во избежание выбросов неочищенных высокотемпературных газов в окружающую среду, до максимального у вентилятора.

На рис. 4 показаны результаты эксперимента серии №1 по определению изменения концентрации вредных компонентов дымовых газов по длине газоочистного тракта. Изменение концентрации оксидов азота практически не происходит. Небольшое снижение обуславливается местными подсосами воздуха в газоочистной тракт. Концентрации HCL, HF и SO₂ снижается значительно в абсорбере и дополнительно снижается в рукавном фильтре.

Обработка экспериментальных данных рис. 2 полиномами в виде рядов Фурье, позволила получить регрессионные уравнения следующего вида:

$$t = c_0 + c_1 \cdot \exp\left(c_2 \cdot \frac{\pi}{L_{TP}} \cdot L\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{L_{TP}} \cdot L + c_3\right) \cdot \left(\frac{\pi}{L_{TP}} \cdot L + c_4\right)^{-1}, \quad (1)$$

где L_{TP} - длина газоочистного тракта

c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 - константы уравнения

t - температура дымовых газов в любой точке газоочистного тракта

L - расстояние до точки, в которой температура равна t

Таблица 1. Результаты подбора констант уравнения (1).

	Серия №1	Серия №2	Серия №3	Серия №4	Серия №5
c_0	134	134	135	144	154
c_1	$1.76 \cdot 10^3$	$1.65 \cdot 10^3$	$1.60 \cdot 10^3$	$2.67 \cdot 10^3$	$1.00 \cdot 10^4$
c_2	-2.46	-2.33	-2.29	-2.28	-3.00
c_3	$9.73 \cdot 10^{-4}$	$5.98 \cdot 10^{-4}$	$7.16 \cdot 10^{-4}$	$1.61 \cdot 10^{-3}$	$1.78 \cdot 10^{-3}$
c_4	0.048	0.027	0.033	0.158	1.03

Обработка экспериментальных данных рис. 3 степенными полиномами, позволила получить регрессионные уравнения следующего вида:

$$\Delta P = a_0 + a_1 \cdot L + a_2 \cdot L^2 + a_3 \cdot L^3, \quad (2)$$

где L - расстояние до точки, в которой температура равна t

a_0, a_1, a_2, a_3 - константы уравнения

ΔP - разрежение дымовых газов любой точке газоочистного тракта

Таблица 2. Результаты подбора констант уравнения (2).

	Серия №1	Серия №2	Серия №3
a_0	-1,65	-1,62	-1,44
a_1	1,66	1,84	1,39
a_2	-0,039	-0,038	-0,036
a_3	$4.03 \cdot 10^{-4}$	$3.95 \cdot 10^{-4}$	$3,70 \cdot 10^{-4}$

Обработка экспериментальных данных рис. 4 степенными полиномами, позволила получить регрессионные уравнения следующего вида:

$$C_i = b_1 \cdot L + b_2 \cdot L^2 + b_3 \cdot L^3 + b_4 \cdot L^4, \quad (3)$$

где L - расстояние до точки, в которой температура равна t

b_1, b_2, b_3, b_4 - константы уравнения

C_i - концентрация i -ого загрязняющего вещества в дымовых газах в любой точке газоочистного тракта

Таблица 3. Результаты подбора констант уравнения (3).

	SO ₂	HCl	NO _x	HF
b_1	9.42	6.12	15.5	0.725
b_2	-0.215	-0.138	-0.441	-0.021
b_3	$1.23 \cdot 10^{-3}$	$7.71 \cdot 10^{-4}$	$5.15 \cdot 10^{-3}$	$2.23 \cdot 10^{-4}$
b_4	0	0	$-2.11 \cdot 10^{-5}$	$-8.35 \cdot 10^{-7}$

Для уравнения (1) константа c_0 - температура дымовых газов после очистки. Константа c_1 определяется начальными условиями распределение температур по длине газоочистного тракта. Константа c_2 определяется процессом, происходящим на участке стабилизированного теплообмена, где температура дымовых газов убывает по экспоненте, с показателем, пропорциональным коэффициенту теплоотдачи. Физический смысл константы c_3 определяется фактором набора температуры потока, кинетикой процесса горения ТБО в печи. Константа c_4 определяется процессом, происходящим при охлаждении дымовых газов по всей длине газового тракта, вследствие внешних подсосов холодного воздуха и процесса испарения капель на участках газопровода.

Для уравнения (2) константа a_0 определяется начальным перепадом давлений. Константа a_1 определяется необходимым перепадом давления, для преодоления гидравлического сопротивления стенок канала. Физический смысл константы a_2 обусловлен фактором изменения величины сечения канала по всей длине газового тракта. Константа a_3 определяется процессом резкого роста перепада давления при большом сопротивлении по всему сечению канала (например, в рукавном фильтре)

Для уравнения (3) константа b_1 определяется начальными условиями. Константа b_2 обусловлена взаимодействием компонентов дымовых газов по длине канала. Физический смысл константы b_3 обусловлен кинетикой процесса разложения вредных компонентов дымового газа. Константа b_4 определяется кинетикой процесса образования компонентов дымовых газов в результате термического обезвреживания ТБО.

Результаты экспериментов показали, что в пределах проектной производительности оборудование работает стабильно и достигается необходимая степень очистки для обеспечения экологической безопасности. При повышенной производительности по сжиганию ТБО происходит изменение газодинамических параметров, которые приводят к увеличению выбросов. Но даже при этом обеспечивается стабильная работа оборудования и высокая степень очистки по всем компонентам.

Совокупность модельных соотношений (1)-(3) в диапазоне изменения производительности технологической линии от 7.0 до 9.2 тонн ТБО в час позволяет построить на их основе алгоритм управления всей системой газоочистки МСЗ с колосниковыми решетками (типа Спецзавода №2). Для реализации масштабного перехода при проектировании систем управления газоочистными сооружениями других МСЗ необходима дальнейшая работа по представлению регрессионных соотношений в критериальном виде, с использованием методов теории подобия и размерностей.