
УДК 629.424:621.315.624.6

АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЛИЯНИЯ НА РАБОТУ НАРУЖНОЙ ИЗОЛЯЦИИ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

© 2004 С.В. Коркина,¹ В.М. Руцкий,² П.П. Пурыгин³

В работе проведен анализ выбросов промышленных предприятий различных отраслей промышленности (собраны данные 60 предприятий) с точки зрения их техногенного влияния на работу наружной изоляции систем энергоснабжения железнодорожного транспорта.

Введение

При рассмотрении вопросов, связанных с влиянием выбросов промышленных предприятий на работу установок железнодорожного транспорта, существенное значение имеют следующие характеристики загрязняющих веществ:

- агрегатное состояние;
- размеры и плотность твердых и жидких частиц, входящих в состав выбросов;
- адгезионные свойства твердых выбросов и их способность цементироваться на поверхности изоляции.

1. Методы исследования

Авторами собраны данные о химическом составе выбросов шестидесяти предприятий различных отраслей промышленности (котельные, металлур-

¹Коркина Светлана Владимировна, кафедра физики и экологической теплофизики Самарской государственной академии путей сообщения, 443066, г. Самара, пер. Безымянный, 18.

²Руцкий Владимир Михайлович, Уральский государственный университет путей сообщения, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66.

³Пурыгин Петр Петрович (puryginpp2002@mail.ru), кафедра органической химии Самарского государственного университета, 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

гические предприятия, химические заводы и пр.). Проведены статистическая обработка и теоретический анализ данных с точки зрения влияния на работу установок и сооружений железнодорожного транспорта.

2. Результаты и их обсуждение

Агрегатное состояние выбросов промышленных предприятий. Загрязняющие вещества, выбрасываемые промышленными предприятиями в атмосферу, могут быть твердыми, жидкими и газообразными.

Твердые выбросы образуются, в основном, в результате механической обработки различных материалов, тепловых процессов и процессов горения, погрузочно-разгрузочных операций, при транспортировке и хранении различных пылящих материалов.

К образованию газообразных выбросов приводят химические реакции окисления, восстановления, замещения и разложения. Наибольшую часть газообразных выбросов составляют продукты горения.

Жидкие выбросы в атмосферу образуются при конденсации паров, распылении, разливе или транспортировке жидкостей.

Основную массу в выбросах предприятий, как правило, составляют твердые и газообразные выбросы, причем объем газообразных выбросов превышает объем твердых веществ.

В табл. 1 приведены данные о соотношении количества твердых и газообразных выбросов предприятий различных отраслей промышленности, полученные в результате статистической обработки сведений о выбросах отдельных предприятий.

Таблица 1

№ п/п	Наименование промышленных предприятий	Количество исследуемых предприятий	Количество выбросов, % среднее (мин макс)	
			твердые	газообразные
1	Промышленные котельные	13	37.9(0 ÷ 75.8)	69.9(24.2 ÷ 100)
2	Предприятия черной металлургии с полным металлургическим циклом	15	19.1(10.6 ÷ 32.4)	80.9(67.6 ÷ 89.4)
3	Коксохимические заводы	13	23.4(2.3 ÷ 62.6)	76.6(37.4 ÷ 97.7)
4	Ферросплавные заводы	9	74.2(18.3 ÷ 100)	25.8(0 ÷ 81.7)
5	Предприятия азотной промышленности	6	22.3(5.8 ÷ 31.3)	77.7(68.794.2)
6	Предприятия фосфорной промышленности	4	58.9(45.6 ÷ 75.4)	41.1(24.654.4)

Размеры и плотность частиц, входящих в состав выбросов предприятий. Размеры частиц изменяются в широких пределах: от субмикрон-

ных до микроскопических и больших. В табл. 2 приведены размеры частиц некоторых выбросов промышленных предприятий.

Таблица 2

№ п/п	Наименование выбросов	Диаметр частиц, мкм
1	Сажа	10.0 – 80.0
2	Летучая зола	3 – > 100
3	Туман серной кислоты	0.3 – 3.0
4	Металлургическая пыль	0.5 – 100.0
5	Щелочные испарения	0.1 – 5.0
6	Пары хлористого аммония	0.1 – 3.0
7	Пары окиси цинка	0.01 – 0.5
8	Туман нефтяной	0.1 – 1.0
9	Туман металлургический	0.1 – 2.2

Плотность частиц, входящих в состав выбросов промышленных предприятий, изменяется, в основном, в пределах от 1 до 3 г/см³. В табл. 3 приведена плотность частиц некоторых загрязняющих веществ.

Таблица 3

№ п/п	Наименование пыли	Плотность, г/см ³
1	Асбестовая	2.8
2	Цементная	2.5 – 3.5
3	Графитовая	2.1 – 2.2
4	Зола котельных с содержанием горючих частей 5%	2.6 – 3.1
5	То же, 30 – 60%	1.9 – 2.3
6	Коксовая	0.9 – 2
7	Содовая	2.2
8	Окиси свинца	7
9	Медная	6.8 – 8
10	Доменная	3.2
11	Известковая	2.4 – 2.8
12	Угольная	0.3 – 1.8
13	Железная руда	3.5 – 4.5
14	Сажа	1.2
15	Окись цинка	4.5

От размеров и плотности частиц загрязняющих веществ (ЗВ) зависит их скорость оседания ω , которая в значительной степени определяет распространение выбросов в атмосфере. В случае КПД очистки больше 90% при средних значениях удельного веса частиц от 1 до 2.5 г/см³ вес частиц со скоростью оседания $\omega < 5$ см/с составляет 40 ÷ 50% от общего веса, с $\omega = 5 \div 25$ см/с — около 30 ÷ 40% и с $\omega > 25$ см/с — порядка 20%. Большинство твердых выбросов промышленных предприятий имеют полудисперсный состав, который может изменяться после очистки выбросов в результате взаимодействия загрязнений с частицами совместно выбрасываемой влаги и влаги, содержащейся в атмосфере. Поэтому при исследова-

нии рассеивания ЗВ в атмосфере рассматриваются не отдельно размеры и плотность частиц, а более устойчивая и комплексная характеристика — функция распределения веса частиц с различными скоростями оседания — $N(\omega)$, которая выражается формулой:

$$N(\omega) = \frac{r^{r+1}}{\Gamma(1+r)\omega_0} \left(\frac{\omega}{\omega_0} e^{-\frac{\omega}{\omega_0}} \right)^r, \quad (1)$$

где ω_0 — скорость оседания, соответствующая максимуму распределения (1); r — параметр неоднородности выбросов.

Адгезионные свойства твердых выбросов. Одним из основных факторов, способствующих удержанию частиц на поверхности изоляторов, являются силы сцепления с поверхностью (адгезия) и сцепления частиц загрязнения между собой (аутогезия). Причем определяющую роль в процессе накопления загрязнения на поверхности играют аутогезионные свойства частиц. Это подтверждается опытом эксплуатации наружной изоляции, который показывает, что осаждение пыли на чистую поверхность изоляции в начальный период происходит медленно, и только после образования тонкого слоя происходит быстрое накопление загрязнения.

Количественной характеристикой аутогезионных свойств вещества является параметр P_a — прочность на разрыв пылевого слоя. Пылевидные материалы классифицируются следующим образом:

- неслипающиеся $P_a \leq 60$ Па (шлаковая, глиноземная, доломитовая и шамотная пыль);
- слабослипающиеся $60 \text{ Па} < P_a < 300$ Па (летучая зола с недожигом более 30% при пылевидном сжигании каменных углей; летучая зола при слоевом сжигании любых углей; коксовая пыль; магнезитовая пыль; сланцевая зола; доменная пыль);
- среднеслипающиеся $300 \text{ Па} < P_a < 600$ Па (летучая зола без недожиг; торфяная зола; марганцитовая пыль, сорбировавшая влагу; пыль концентратов цветной металлургии и железного колчедана; пыль окиси цинка, свинца, олова; влажная магнезитовая пыль; сухой цемент);
- сильнослипающиеся $P_a > 600$ Па (цементная пыль, выпавшая из воздуха с большим влагосодержанием; гипсовая и алебастровая пыль; пыль глины, коалина, огарковая пыль при 500 °С; волокнистые пыли (асбест, хлопок, шерсть); пыль, содержащая крупные примеси; зола антрацитового штыба с недожигом менее 25%).

Некоторые твердые выбросы, образующиеся, в основном, при производстве строительных материалов, относятся к вяжущим, т.е. при смешивании с водой они образуют пластичную массу, которая в результате физико-химических процессов постепенно затвердевает и переходит в камневидное состояние — цементируется.

Вяжущие вещества можно разделить на две группы: воздушные, которые характеризуются тем, что, будучи смешаны с водой, способны твер-

деть, долго сохранять прочность только на воздухе (гипсовые и магнезиальные вещества, воздушная известь); гидравлические вяжущие вещества, которые после смешивания с водой способны не только твердеть на воздухе, но и сохранять и увеличивать прочность в воде (портландцемент, глиноземистый цемент, шлаковые вяжущие, гидравлическая известь и романцемент).

Почти половину всего объема твердых выбросов в атмосферу составляют выбросы (летучая зола) тепловых электростанций, работающих на твердом топливе.

Способность летучей золы цементироваться на поверхности наружной изоляции является очень важным свойством, характеризующим влияние выбросов ТЭЦ на надежность работы изоляции. Эта способность зависит от химического состава золы, в основном, от содержания кальция. Золошлаковые материалы в зависимости от химического состава делятся на три основные группы:

- активные (А), способные к самоотвердению в нормальных воздушно-влажных условиях;
- скрытоактивные (С), требующие интенсификации твердения (термообработка и т.п.);
- инертные (И) — нетвердеющие.

Принадлежность золошлаковых материалов к той или иной группе определяется по модулям — основному M_0 и силикатному M_C :

$$M_0 = \frac{\% (CaO + MgO)}{\% (SiO_2 + Al_2O_3)}, \quad (2)$$

$$M_C = \frac{\% SiO_2}{\% Al_2O_3}, \quad (3)$$

а также коэффициентом качества K :

$$K = \frac{\% (CaO + MgO + Al_2O_3)}{\% (SiO_2 + MnO)}. \quad (4)$$

Значения модулей и коэффициентов качества для золошлаковых материалов с различными химическими свойствами приведены в табл. 4.

Таблица 4

№ п/п	Наименование показателей химических свойств	Химические свойства золошлаковых материалов		
		Активные (А)	Скрытоактивные(С)	Инертные(И)
1	Основной модуль M_0	0.5 – 2.8	0.1 – 0.5	< 0.1
2	Силикатный модуль M_C	1.5 – 7.8	1.4 – 3.6	1.3 – 3.2
3	Коэффициент качества K	1.0 – 3.6	0.5 – 1.5	0.4 – 0.9

По данным о химических свойствах летучих зол, образующихся в результате сжигания твердых топлив различных месторождений, проведен расчет основных показателей химических свойств летучей золы по формулам (2)–(4) (табл. 5).

Таблица 5

№ п/п	Наименование месторождения	Показатели химических свойств			Химические свойства летучей золы
		M_0	M_C	K	
1	Экибастузское	0.04	2.4	0.5	И
2	Итатское	0.7	2.9	1.3	А
3	Барандатское	1.4	2.4	2.1	А
4	Ирша-Бородинское	0.5	3.6	0.9	С
5	Березовское	1.2	2.7	2.0	А
6	Абаканское	0.5	4.2	0.8	С
7	Веймарнское (сланцы)	1.1	2.9	1.5	А
8	Эстонское (сланцы)	1.7	2.9	2.4	А

Таким образом, можно сделать вывод, что летучая зола, выбрасываемая в атмосферу тепловыми электростанциями, работающими на твердом топливе, способна цементироваться на фарфоровой поверхности изоляторов, образуя слой загрязнения, значительно снижающий электрическую прочность наружной изоляции систем электроснабжения железнодорожного транспорта.

Поступила в редакцию 19/IX/2003;
в окончательном варианте — 19/IX/2003.

THE ANALYSIS OF PRODUCTION EXHAUSTS BY THEIR EFFECT ON THE EXTERNAL ISOLATION OF ENERGY SUPPLY SYSTEM IN RAILWAY TRANSPORT

© 2004 S.V. Korkina⁴ V.M. Rutskiy⁵ P.P. Purygin⁶

In the paper an analysis of production exhausts of different industrial processes (about 60 enterprises have been tested) in view of their effect on the external isolation of energy supply system in railway transport is presented.

Paper received 19/IX/2003.

Paper accepted 19/IX/2003.

⁴Korkina Svetlana Vladimirovna, Dept. of General and Theoretical Physics, Samara State Academy of Railway Communication, Samara, 443066, Russia.

⁵Rutskiy Vladimir Michailovich, Ural State Railway University, Ekaterinburg, 620034, Russia.

⁶Purygin Pyotr Petrovich (puryginpp2002@mail.ru), Dept. of Organic Chemistry, Samara State University, Samara, 443011, Russia.