

## Анализ неорганизованных пылевых выбросов в атмосфере города от электросталеплавильного цеха

*Е.А. Калюжина<sup>1</sup>, А.А. Сахарова<sup>1</sup>, Е.Ю. Козловцева<sup>1</sup>,  
И.А. Гвоздков<sup>1</sup>, Т.А. Кисленко<sup>2</sup>, Е.О. Килик<sup>1</sup>, А.С. Боженкова<sup>1</sup>, В.С.  
Маркин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Волгоградский государственный технический университет*

<sup>2</sup>*Волжский территориальный отдел Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Ростехнадзора*

**Аннотация:** В статье рассматривается металлургическое производство, поскольку металлургия - одна из главных причин техногенного загрязнения окружающей среды и рабочей зоны на производстве. Авторами описаны основные источники образования мелкодисперсной пыли, по результатам которых был проведен анализ фракционного состава частиц пыли, выделяющихся при работе дуговой плавильной печи. Данные показывают, что размеры металлургической пыли, которая находится в воздухе помещения цеха, составляют от 3 до 18 мкм. Доля массы частиц с размерами менее 10 мкм в воздухе цеха составляет от 15%.

**Ключевые слова:** мелкодисперсная пыль, дисперсный анализ, источники образования пыли, сталеплавильная печь, металлургическая пыль

Металлургическое производство оказывает негативное влияние на окружающую среду из-за выбросов в атмосферу при работе доменных печей, переработки шихты в них. При этом в атмосферу в зависимости от характера и назначения металлургического производства поступает большое количество мелкодисперсной пыли с содержанием графита, различных легких и тяжелых металлов (алюминий, сурьма, мышьяк, ртуть, свинец, олово и т. д.). Загрязнение атмосферы – одна из основных экологических проблем, которые возникают в результате работы металлургических производств. Выбросы оказывают негативное влияние на почву, приводят к гибели растительности и возникновению техногенных пустошей вокруг крупных заводов.

Металлургия является одним из основных источников техногенного загрязнения окружающей среды и рабочей зоны. Загрязняющие вещества, а именно мелкодисперсная пыль, наносит большой вред экосистеме в целом.

Загрязненный выбросами воздух негативно влияет на организм человека: возникают различные заболевания, снижается работоспособность. Защита атмосферного воздуха от пылевых выбросов электросталеплавильных цехов – комплексная проблема, предусматривающая разработку мероприятий по внедрению эффективных способов пылеулавливания, систем аспирации и пневмотранспорта.

На рис. 1 приведена схема дуговой плавильной печи.

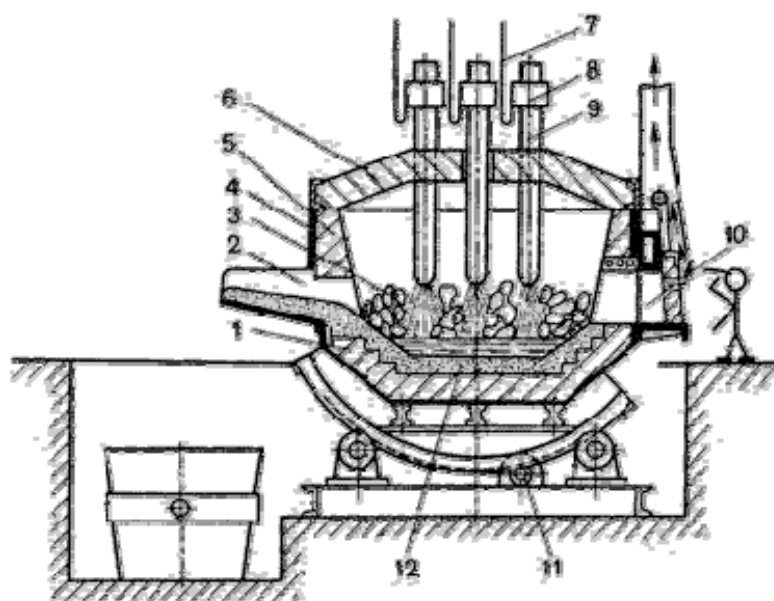


Рис. 1. Схема дуговой плавильной печи: 1 – днище; 2 – сливной носик; 3 – шихта; 4 – кожух стальной; 5 – огнеупорный материал; 6 – свод съемный; 7 – гибкие кабели; 8 – электродержатели; 9 – электроды; 10 – рабочее окно; 11 – поворотный механизм; 12 – подина

В таблице 1 приведены удельные выделения загрязняющих веществ из электродуговых печей в зависимости от их производительности [1].

В период плавки местами технологических выбросов от дуговой электросталеплавильной печи являются (рис. 2):

- свод печи, имеющий отверстия для электродов (1 или 3 шт.), кислородных фурм, газокислородных горелок и загрузки сыпучих

материалов, таких как кокс, известь, ферросплавы. Наибольшее количество пылегазовых выбросов поступает именно через отверстия в своде – до 80% от общего объема выделяющихся вредностей;

- рабочее окно - через него выбивается около 20% от общего объема выделяющихся вредностей;

Таблица 1

Удельные выделения загрязняющих веществ от электродуговых печей

Емкость печи, т	Производительность печи, т/ч	Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т		
		пыль	оксид углерода	оксид азота
0,5	0,33	9,9	1,4	0,27
1,5	0,94	9,8	1,2	0,26
3,0	1,56	9,5	1,3	0,26
5,0	2,00	9,4	1,3	0,26
6,0	2,70	9,2	1,4	0,27
10,0	3,00	8,8	1,4	0,27
12,0	4,20	8,7	1,5	0,29
20,0	5,90	8,1	1,5	0,29
25,0	6,20	7,6	1,5	0,29
40,0	10,60	7,0	1,5	0,29
50,0	11,40	6,9	1,4	0,28
100,0	21,00	6,6	1,5	0,29

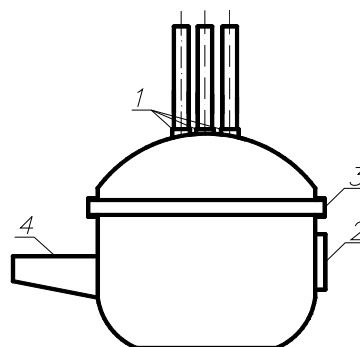


Рис. 2. Основные места пылегазовых выбросов в конструкции электросталеплавильной печи.

1 – электродные зазоры; 2 – рабочее окно; 3 – песочный затвор;

4 – сливной носок

- песочный затвор. При забивании шлаком в процессе эксплуатации происходит нарушение герметичности и, как следствие, выбивание пыли и газов (порядка 1-3% от общего объема выделяющихся вредностей);

- сливной носок – выбивается около 5% от общего объема выделяющихся вредностей.

Авторами были проведены исследования дисперсного состава пыли, поступающей в воздух цеха и атмосферу при работе дуговой плавильной печи аналогично работам [2-9]. Результаты представлены на рис. 3.

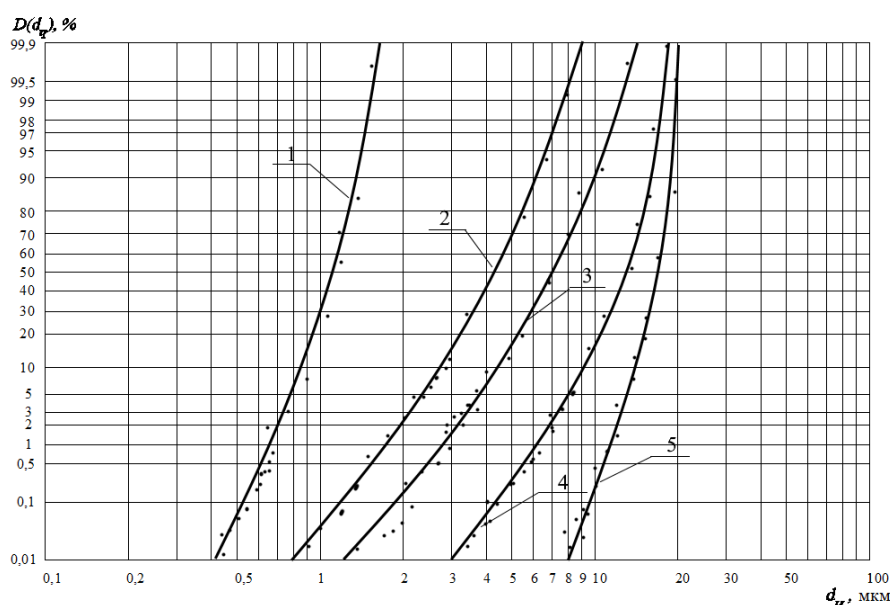


Рис. 3. Интегральные функции прохода для частиц пыли, выделяющихся от неорганизованных выбросов через окна и дверные проемы:

1 – после очистки в рукавном фильтре (выброс в атмосферу); 2 – в системе локализации вредных выделений после подкрышного зонта; 3 - в системе локализации вредных выделений после подвижного зонта; 4 – в воздухе электросталеплавильного цеха; 5 – в газоходе (после четвертого сводового отверстия)

Анализ результатов показывает, что размеры частиц изменяются в пределах от 0,41 до 21 мкм. Доля частиц с размерами до 10 мкм составляет от

0,01 до 0,3% от массы всех частиц пыли, медианный диаметр составляет от 1,1 до 18 мкм. Размеры пыли, улавливаемой зонтами систем локализации и очистки вредных выделений, составляют 0,8-13 мкм при медианном диаметре 4,1-7,1 мкм. Размер частиц пыли, поступающих в атмосферный воздух после очистки в рукавном фильтре, составляет от 0,4 до 1,7 мкм при значении медианного диаметра 1,05 мкм.

Поскольку результаты проведенного исследования показали, что вытяжные зонты, которые устанавливаются в системах локализации вредных выбросов от электросталеплавильной печи, работают неэффективно, поэтому часть металлургической пыли проникает в объем цеха, и затем поступает без очистки в воздух окружающей среды через неплотности в ограждениях (эксфильтрация). Также авторами была проведена оценка фракционного состава металлургической пыли, которая выделяется при работе дуговой плавильной печи. Полученные результаты показаны на рис. 3. Анализ полученных результатов показал, что размер частиц пыли, поступающей в помещения цеха, составляет от 3 до 18 мкм. Доля массы частиц с размерами менее 10 мкм в воздухе электросталеплавильного цеха составляет от 15%.

Для эффективной защиты воздушного бассейна и производственных помещений также необходимо внедрять современные, малоотходные процессы производства продукции [10-11], повышать эффективность работы систем аспирации, пневмотранспорта и пылеочистки.

### Литература

1. Киселев, А.Д., Тулуевский Ю.Н., Зинуров И.Ю. Повышение эффективности газоудаления дуговых сталеплавильных печей. - Москва: Металлургия, 1992. - 112 с.

2. Азаров В. Н., Барикаева Н. С., Николенко Д. А., Соловьева Т. В. Об исследовании загрязнения воздушной среды мелкодисперсной пылью с



использованием аппарата случайных функций // Инженерный вестник Дона, 2015, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3350](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3350).

3. Азаров В. Н., Кошкарев С. А., Николенко М. А. К определению фактических размеров частиц пыли выбросов стройиндустрии и строительства // Инженерный вестник Дона, 2015, №1, ч.2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2858](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2858).

4. Azarov V.N., Sergina N.M., Kondratenko T. Problems of protection of urban ambient air pollution from industrial dust emissions // MATEC Web of Conferences. Vol. 106: International Science Conference SPbWOSCE-2016 «SMART City» (St. Petersburg, Russia, November 15-17, 2016) / ed. by V. Murgul ; the Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Institute of Civil Engineering. – [Publisher: EDP Sciences], 2017. URL: [matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/20/contents/contents.html](http://matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/20/contents/contents.html).

5. Stefanenko I.V., Azarov V.N., Sergina N.M. Dust Collecting System for the Cleaning of Atmospheric Ventilation Emissions // Applied Mechanics and Materials: Proceedings of the International Conference Civil, Architectural, Structural and Constructional Engineering II, South Korea, 2017 [Trans Tech Publications, Switzerland] - Vol. 878. – pp. 269-272.

6. Azarov V.N., Trokhimchuk M.V., Sidelnikova O.P. Research of Dust Content in the Earthworks Working Area // Procedia Engineering. Vol. 150: 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) / ed. by A.A. Radionov. – [Elsevier publishing], 2016. – pp. 2008-2012.

7. Азаров, В.Н., Кошкарев С.А. Повышение экологической безопасности стройиндустрии совершенствованием систем обеспыливания с использованием комплексного дисперсионного анализа пылевых выбросов // Вестник Волгоградского гос. архитектурно-строительного ун-та. Серия: Строительство и архитектура. - 2016. - № 43. - С. 161-174.

---

8. Николенко М.А., Сергина Н.М., Неумержицкая Н.В. [и др.] О результатах оценки воздействия на качество атмосферного воздуха и об определении необходимой степени очистки пылевых выбросов асфальтобетонных заводов // Инженерный вестник Дона, 2015. №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3052/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3052/).

9. Азаров В.Н., Кошкарёв С.А., Николенко М.А., Бурханова Р.А. Исследование основных показателей выбросов пыли асбестоцемента в атмосферный воздух для оценки их влияния на качество жизни работающих // Инженерный Вестник Дона, 2014. № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2539](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2539)

10. Коротков Е. А. Совершенствование систем местной вытяжной вентиляции в электросталеплавильных цехах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03. Волгоград, 2012. 20 с.

11. Marchand D. Possible Improvement to Dust Collection in Electric Steel Plants and Summary of All Planned and Existing Collection Systems in the Federal Republic of Germany-Ironmaking & Steelmaking (4) (1976). – pp. 26-29.

### References

1. Kiselev, A.D. A. D. Kiselev, YU. N. Tuluyevskiy, Zinurov I.YU., Povysheniye effektivnosti gazoudaleniya dugovykh staleplavil'nykh pechey [Increasing the efficiency of gas removal of arc steel furnaces]. Moskva: Metallurgiya, 1992. 112 p.

2. Azarov V. N., Barikayeva N. S., Nikolenko D. A., Solov'yeva T. V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3350](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3350).

3. Azarov V. N., Koshkarev S. A., Nikolenko M. A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1 (part 2) URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2858](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2858).

4. Azarov V.N., Sergina N.M., Kondratenko T. MATEC Web of Conferences. Vol. 106: International Science Conference SPbWOSCE 2016 «SMART City» (St. Petersburg, Russia, November 15-17, 2016) ed. by V. Murgul; the Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Institute of Civil Engineering. [Publisher: EDP Sciences], 2017. URL: [matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/20/contents/contents.html](http://matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/20/contents/contents.html).

5. Stefanenko I.V., Azarov V.N., Sergina N.M. Applied Mechanics and Materials: Proceedings of the International Conference Civil, Architectural, Structural and Constructional Engineering II, South Korea, 2017 [Trans Tech Publications, Switzerland]. Vol. 878. pp. 269-272.

6. Azarov V.N., Trokhimchuk M.V., Sidelnikova O.P. Procedia Engineering. Vol. 150: 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) ed. by A.A. Radionov. [Elsevier publishing], 2016. pp. 2008-2012.

7. Azarov V.N., Koshkarev S.A. Vestnik Volgogradskogo gos. arkhitekturno-stroitel'nogo un-ta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2016. №43. pp. 161-174.

8. Nikolenko M. A., Sergina N. Mmm. Nevmerzhitskaya N. B. [etc.] Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3052/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3052/).

9. Azarov V. N., Koshkarev S. A., Nikolenko M. A., Burkhanova R. A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2539](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2539)

10. Korotkov Ye. A. Sovershenstvovaniye sistem mestnoy vytyazhnoy ventilyatsii v elektrostaleplavil'nykh tsekhakh: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.03. Volgograd, 2012. [Perfection of systems of local exhaust ventilation in electric steel smelting shops: the author's abstract. dis. ... cand. tech. Sciences: 05.23.03. Volgograd, 2012] 20 p.





11. Marchand D. Possible Improvement to Dust Collection in Electric Steel Plants and Summary of All Planned and Existing Collection Systems in the Federal Republic of Germany-Ironmaking & Steelmaking (4) (1976). pp. 26-29.