

DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-7-58-70

¹Билан О.М., ²Азаров В.Н., ³Логачев К.И.^{1,*}Волгодонский завод металлургического и энергетического оборудования²Волгоградский государственный технический университет³Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ОТ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Аннотация. Рассмотрены особенности удаления газа и пыли от дуговой сталеплавильной печи, предложены направления повышения эффективности применения вытяжных зонтов и модернизации пылеосадительной камеры. При помощи установленных в пылеосадительной камере ловушек пыли определено распределение пыли по объему пылеосадительной камеры. Найдены зоны осаждения пыли, закономерности изменения количества не осаждающихся пылевых частиц, средние значения диаметров частиц в каждой зоне камеры, средний процентный состав пыли по дисперсности, поступающий из дуговой сталеплавильной печи. При помощи численного моделирования определены особенности поведения газозапыленного потока в зависимости от конструкции пылеосадительной камеры. Установлено, что увеличение эффективности пылеосадительной камеры можно достичь установкой водоохлаждаемых панелей как по стенам камеры, так и потолочных панелей, установкой дополнительных водоохлаждаемых перегородок, работающих как охлаждающий контур и дополнительная преграда, способствующая осаждению пыли.

Ключевые слова: дуговая печь, первичные выбросы, вторичные выбросы, рукавный фильтр, система газоудаления, пылеосаждение, ловушки пыли, CFD

Введение. Образование пыли в ДСП – неизбежный технологический процесс, требующий комплексных решений как по предотвращению (технология плавки), так и по улавливанию (системы газоочистки) [1–3]. Схема образования пыли в электродуговой печи (ДСП) представляет собой сложный физико-химический процесс, состоящий из нескольких этапов со своими факторами влияния (рис. 1) [1, 2, 5].

Современные дуговые печи работают с интенсивной продувкой ванны кислородом, что позволяет выбрасывать из рабочего пространства печи в газоотводящий тракт как мелкие, так и крупные частицы, в отдельных случаях в газодуховод попадают целые конгломераты жидкого металла и шлака [1, 2].

В процессе работы дуговой печи различают первичные и вторичные выбросы, для улавливания и очистки которых применяются различные устройства [3, 4]. Первичные, или «организованные» выбросы, составляют запыленные газы, которые образуются в рабочем пространстве и принудительно отсасываются из него через отверстие в своде печи [1, 3]. Общее удельное количество первичных газов за плавку $M_{газ}$, кг/т стали, зависит в основном от расходов углерода и природного газа, кг/т, м³/т [1, 2]. Интенсивность образования первичных газов в единицу времени $V_{газ}$, м³/мин, по которой определяется интенсивность отсоса газов, может изменяться в весьма широких пределах [1, 3]. Эта величина увеличивается прямо пропорционально массе плавки и

обратно пропорционально ее продолжительности [1, 2]. Интенсивность первичных выбросов резко колеблется по ходу плавки [1, 3].

Процессы и факторы пылеобразования

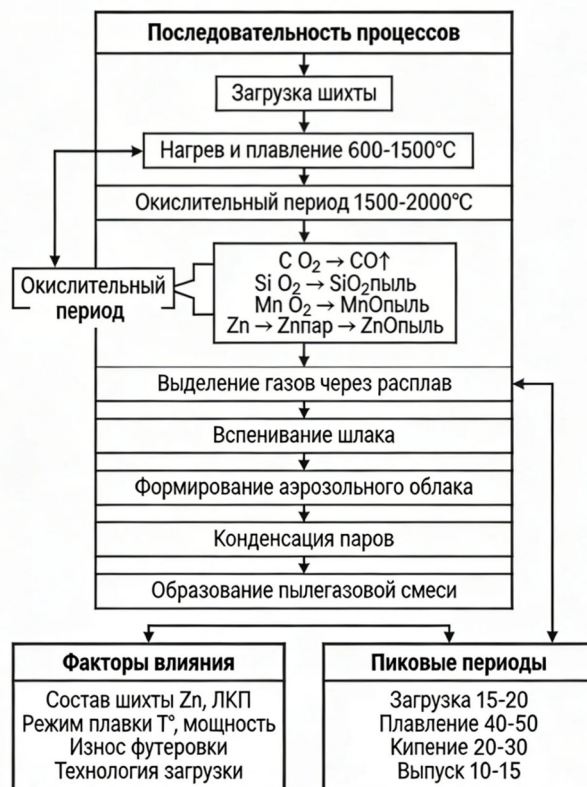


Рис. 1. Основные процессы и факторы пылеобразования (иллюстрация автора)

При переработке грязного лома, когда в составе имеется большое количество горючих компонентов (масло, пластмассы и пр.), на печах, работающих с интенсивной продувкой ванны кислородом и оборудованных газокислородными горелками, практически наблюдается два пика величины интенсивности образования первичных газов $V_{\text{газ max}}$ [2, 4]. Первый максимальный пик наблюдается в первые несколько минут после загрузки корзин с ломом, когда идет интенсивное выгорание горючих компонентов [2, 4].

Второй пик возникает во время продувки ванны, когда одновременно работают все горелки [2,4].

Фракционный и химический состав образующейся пыли приведены на рис. 2 [3, 5]. Механизм образования пыли показан на рис.3 [1, 3, 5].

Материалы и методы. Одним из способов по увеличению эффективности осаждения пыли от дуговой сталеплавильной печи является модернизация пылеосадительных камер. Проведенные эксперименты на действующей дуговой сталеплавильной печи ДСП-90 (ООО «Новороссийский прокатный завод» г. Шахты Ростовской области) с установкой ловушек по разным высотам пылеосадительной камеры позволили определить распределение пыли по объему камеры, ее концентрацию и направление потоков (рис. 4, 5, 6).

Характеристика образующейся пыли

Фракционный состав	Химический состав
1. Крупная фракция >10 мкм: 10-20 — механическое происхождение	1. Fe_2O_3: 30-50 окислы железа
2. Средняя фракция 1-10 мкм: 30-40 — продукты окисления	2. ZnO: 10-30 особенно при переплавке оцинкованного лома
3. Мелкая фракция <1 мкм: 40-60 — конденсационные аэрозоли	3. CaO, MgO: 5-15 из флюсов и футеровки
	4. SiO_2: 3-10
	5. PbO, CdO: 0.1-2 токсичные компоненты

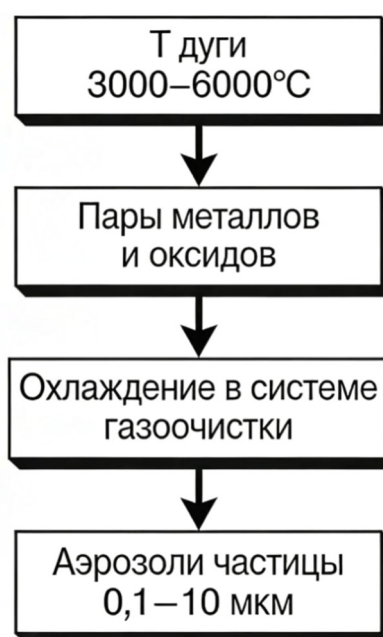


Рис. 2. Характеристика образующейся пыли

Рис. 3. Механизм образования пыли

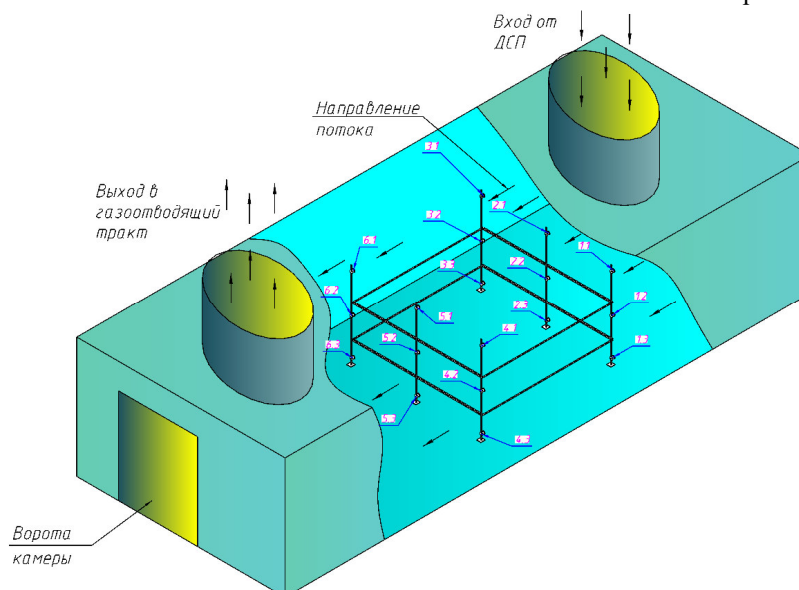


Рис. 4. Схема пылеосадительной камеры с установленными ловушками 1.1 – 6.3 (иллюстрация автора)

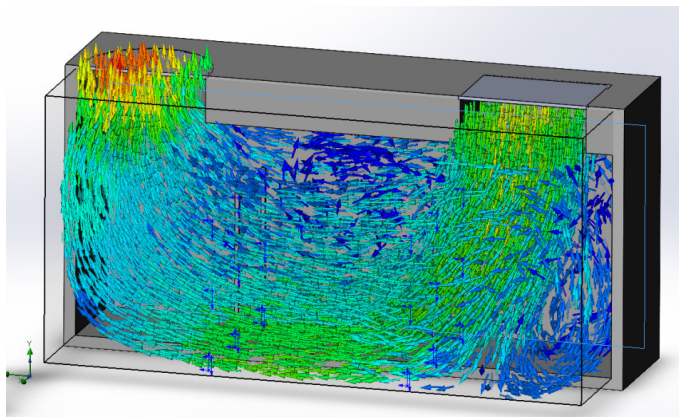


Рис. 5. Моделирование потока пыли в пылеосадительной камере при помощи программного продукта SolidWorks с приложением FlowSimulation (иллюстрация автора)

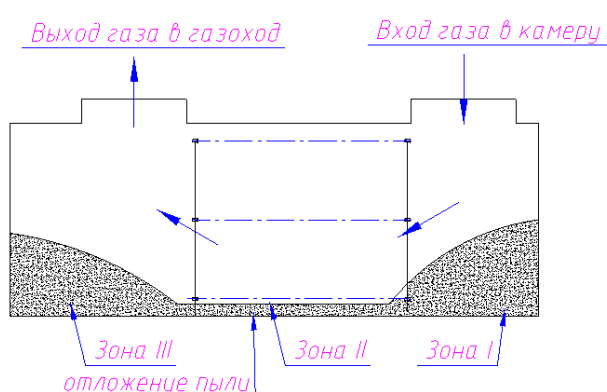


Рис. 6. Зоны отложения пыли в пылеосадительной камере по ходу потока воздуха (иллюстрация автора)

В результате обработки данных с каждой ловушки был получен дисперсный состав пыли в

каждой зоне пылеосадительной камеры, и на основании этих данных в вероятностно-логарифмической системе координат построены графики для каждой зоны осаждения пыли (рис. 7, 8, 9), и для каждой ловушки (рис. 10 приведен график для примера только ловушки 1.1). Графики построены на основании выводов академика А. Н. Колмогорова, который теоретически обосновал, что дисперсность пыли, образующейся при измельчении материала в течение достаточно длительного времени, подчиняется логарифмически нормальному закону распределения. По оси абсцисс такой системы координат откладывают значения размеров частиц $d_{\text{ч}}$ в логарифмическом масштабе (от значения 0 на повышение), а по оси ординат – значение проходов (относительная доля частиц, осевшая в ловушке) в процентах $D(d_{\text{ч}}) \%$ в вероятностном масштабе (от значения 0 на повышение).

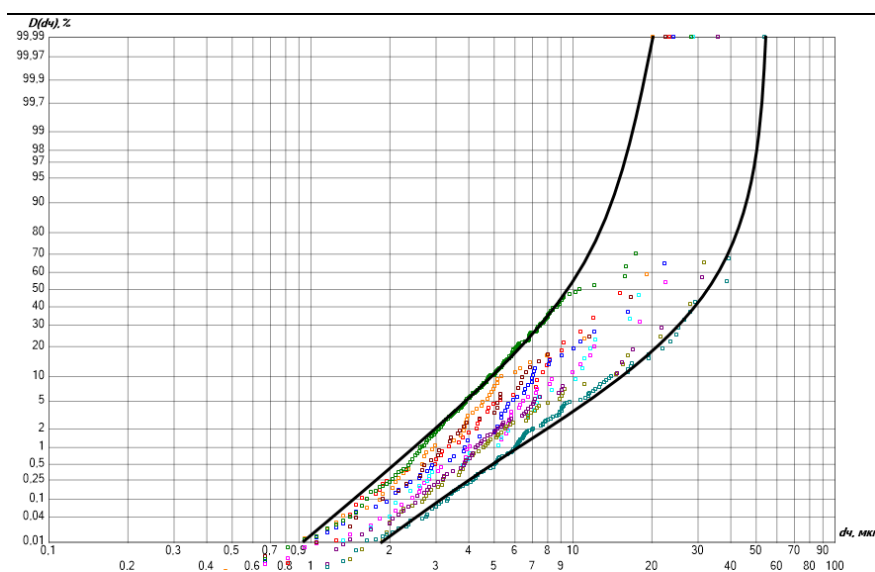


Рис. 7. Концентрация пыли в Зоне I входа от печи ДСП. Интегральные функции распределения массы частиц по эквивалентным диаметрам (цветовые графики – результаты замеров в разных точках зоны) (иллюстрация автора)

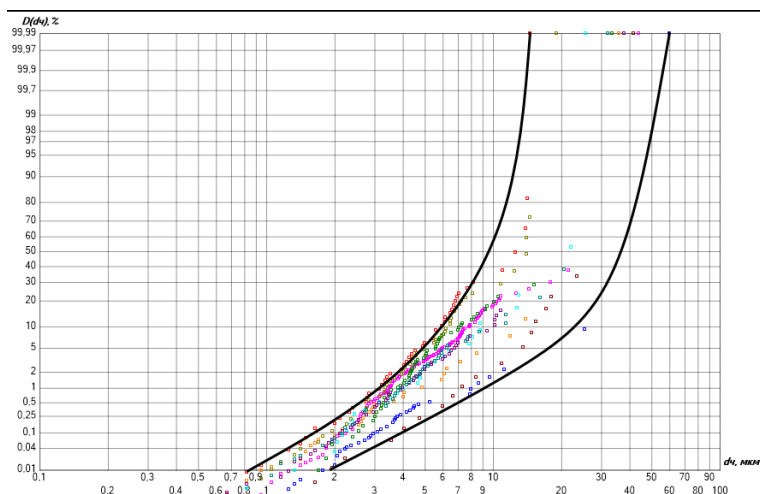


Рис. 8. Концентрация пыли в Зоне II камеры. Интегральные функции распределения массы частиц по эквивалентным диаметрам (цветовые графики – результаты замеров в разных точках зоны) (иллюстрация автора)

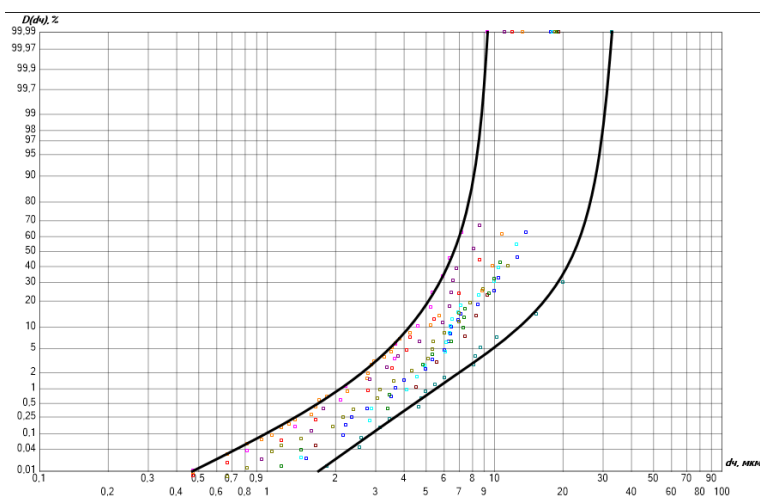


Рис. 9. Концентрация пыли в Зоне III камеры. Интегральные функции распределения массы частиц по эквивалентным диаметрам (цветовые графики – результаты замеров в разных точках зоны) (иллюстрация автора)

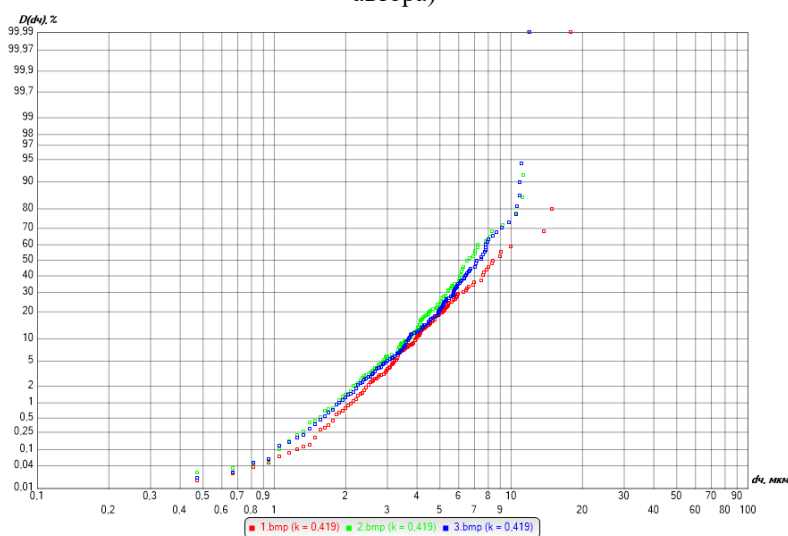


Рис. 10. График 1.1. Интегральные функции распределения массы частиц по эквивалентным диаметрам (3 цветовых графика – результаты 3-х экспериментов с одной ловушки) (иллюстрация автора)

По полученным данным было определено среднее значение диаметра частиц d_{50} в каждой зоне пылеосадительной камеры, и определен средний процентный состав пыли по дисперсности, поступающий в пылеосадительную камеру из дуговой сталеплавильной печи (табл. 1).

Таблица 1

Экспериментальный дисперсный состав пыли

Размер частиц, мкм	0–5	>5–10	>10–20	>20–40	>40
Содержание %	35	40	15	5	5

На основании анализа результатов измерения концентрации внутри камеры получено уравнение регрессии для эквивалентных диаметров d_{50} и d_{max} , мкм, от высоты камеры которые имеют следующий вид:

Уравнения регрессии для d_{50} и d_{max} равно:

$$F_{d_{50}} = 13.272 - 9.376 \ln h. \quad (1.1) \quad F_{d_{max}} = 22,691 -$$

$$11,979 \ln h. \quad (1.2)$$

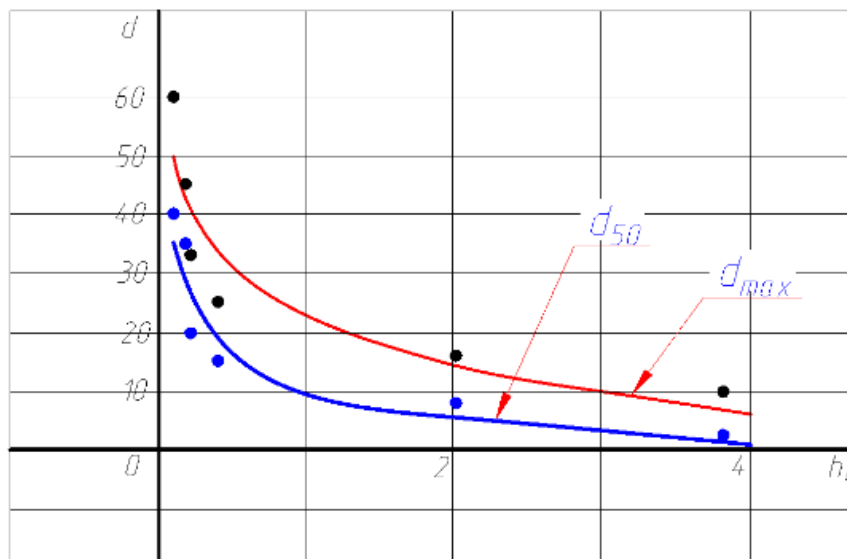


Рис. 12. Закономерности изменения по высоте камеры d_{50} и d_{max} (иллюстрация автора)

Результаты проведенного эксперимента дают исходные данные для правильного выбора фильтрующих элементов (например, рукавного фильтра) на выходе газового потока в атмосферу.

По результатам проведенного эксперимента можно сделать выводы, что:

Пылегазовый поток в камере неустойчивый, основное осаждение пыли формируется в начале камеры – на входе от электродуговой печи в зоне I, и на выходе в зоне III – перед попаданием в газоотводящий тракт, в зоне II осаждение минимальное; около 75% пыли, поступающей в пылеосадительную камеру, имеет дисперсный состав до 10 мкм; тяжелые частицы пыли размерами выше 40 мкм осаживаются в зоне I (рис.11).

Закономерности изменения по высоте камеры d_{50} и d_{max} показана на рис. 12.

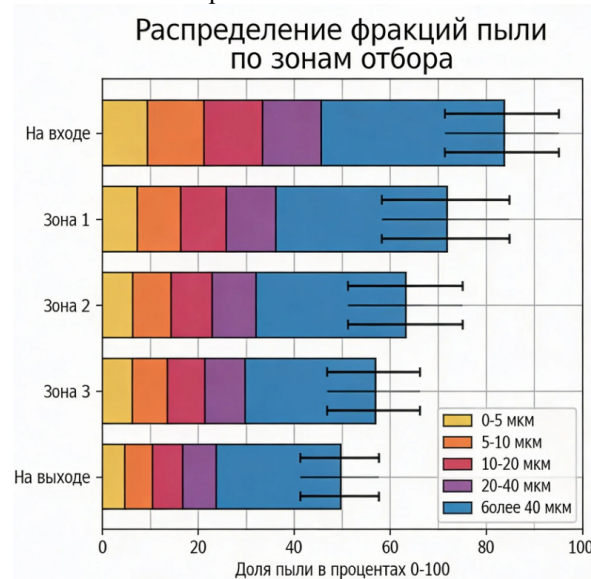


Рис. 11. Распределение фракций пыли по зонам отбора

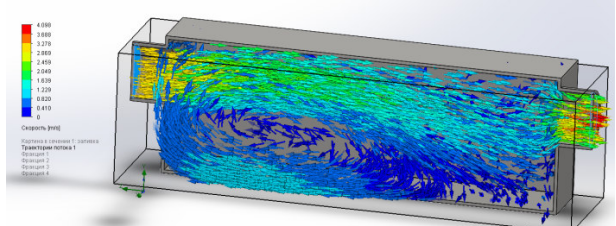
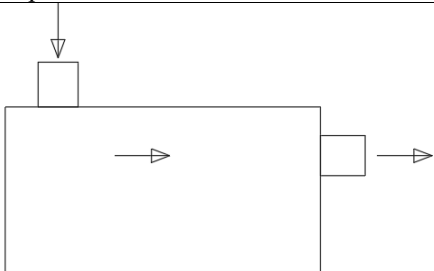
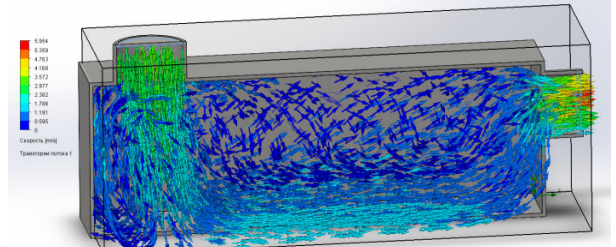
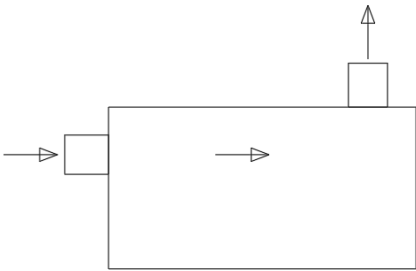
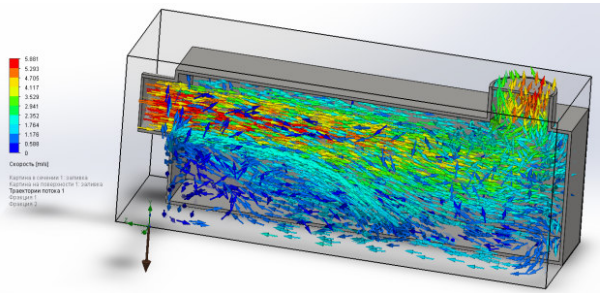
Результаты и обсуждения. Отработав эксперимент на действующей печи и получив практическое соответствие результатов математической модели потока, по отработанной методике математического моделирования было проведено ряд вычислений типовых конструкций пылеосадительных камер для определения эффективной схемы пылеосаждения.

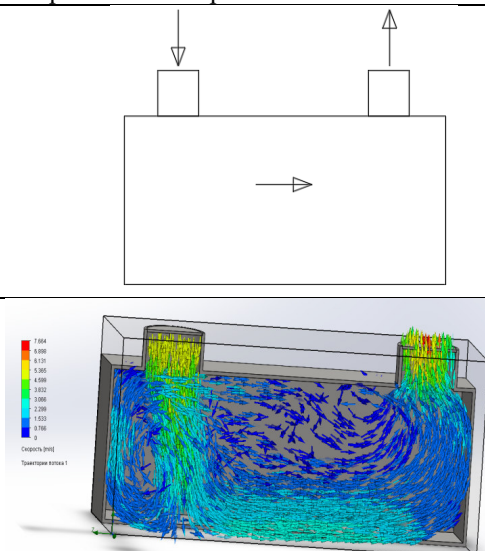
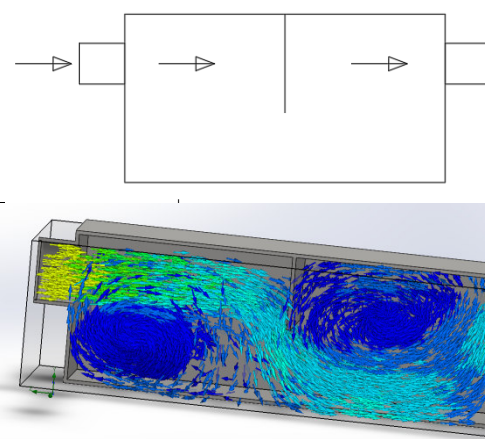
Для сравнения было выбрано 5 схем, наиболее часто применяемые в производстве (табл. 2).

Для исследования были заданы одинаковые параметры для всех типов камер, параметры приведены в таблице 3.

Таблица 2

Моделирование потоков пылеосадительной камеры при разных исполнительных схемах

Описание процесса		
№	Схема камеры и направление потока газа	Моделирование потока
1	Вход потока и выход потока - горизонтально	
	Основной поток воздуха движется горизонтально от входа до выхода, теряя по ходу свою скорость. Часть потока создает завихрение в передней части камеры, а часть пыли будет осаждаться до конца камеры.	 
2	Вход потока- вертикально сверху, Выход потока - горизонтально	
	При движении воздуха вертикально в камеру поток ударяясь о пол создает завихрение и легкие частицы поднимаются вверх, а основной поток идет по полу камеры. Тяжелые частицы при этом осаживаются на пол.	 
3	Вход потока- горизонтально, Выход потока – вертикально вверх	
	При горизонтальном входе потока в камеру часть потока создает завихрение в передней части камеры, а часть пыли будет осаждаться до конца камеры. При этом в конце камеры поток упирается в стенку, из-за чего создается дополнительное завихрение и унос легких частиц. Более тяжелые частицы осаживаются на пол. При повороте вверх поток ударяется в стенку, из-за чего получается дополнительное завихрение и осаживание крупных частиц пыли.	 

4	Вход потока- вертикально сверху, Выход потока – вертикально вверх При движении воздуха вертикально в камеру поток ударяясь о пол создает завихрение и легкие частицы поднимаются вверх, а основной поток идет по полу камеры. Тяжелые частицы при этом осаживаются на пол. При повороте вверх поток ударяется в стенку, из-за чего получается дополнительное завихрение и осаживание крупных частиц пыли.	
5	Вход потока- горизонтально, Выход потока – горизонтально, Камера разделена перегородкой Дополнительные вертикальные перегородки в камере устанавливаются для создания препятствия потоку, увеличения времени нахождения пылегазового потока в камере, и увеличения площади охлаждения газов. При ударе потока воздуха в перегородку создается завихрение потока в первой камере, потом создается завихрение во второй камере, и поток идет на выход. При этом поток теряет скорость, увеличивается его время нахождения в камере, а значит снижается температура воздуха.	

Задачей моделирования потока для разных схем является определение оптимальной схемы пылегазового потока с наибольшим количеством осаждения фракций пыли – в наших результатах вычислений это будет выражено в количестве частиц, которые «проскочили» пылеосадительную камеру – чем ниже показатель частиц, тем больше степень осаждения в камере. Кроме того, процесс моделирования позволил определить направление потока и изменение скорости потока и давления в каждой точке пылеосадительной камеры. Схемы моделирование потоков для выбранных конструкций камер представлены в Таблице 2. Пылеосадительные камеры даны в разрезе, поток воздуха показан стрелками, характеризующими его направление в данной точке. Цвета стрелок соответствуют диаграмме скорости и давления, отображаемые справа от чертежа камеры. Результаты моделирования позволили установить особенности поведения газозвдушного потока в зависимости от конструкции пылеосадительной камеры.

Анализируя полученные результаты моделирования по направлениям потоков воздуха, изменением скорости и давления по ходу движения, можно сделать выводы о поведении пылегазовоздушного потока. Выявлено, что при изменении входных параметров, Условия 1 (идеальное отражение пыли) и Условия 2 (налипание) смогли определить, что температура потока не оказывает влияния на осаждение пыли, в отличие от состояния стенок камеры. Конструктивное оформление пылеосадительной камеры значительно влияет на количество осаживаемой пыли. Числовые значения результатов моделирования осаждения пыли для каждой схемы представлены в таблицах 4–8, где указано количество частиц на входе в камеру, количество частиц на выходе из камеры для разных условий (показывает, сколько частиц «пролетело» сквозь камеру). Эффективность пылеосаждения фракции в камере посчитана для Условия 2 «налипания» на стенку камеры $\eta = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \cdot 100\%$ (1.3). Пример: изначальное число единиц фракции 10 мкм

равно 100, «пролет» составил 91 ед., эффективность осаждения:

$$\eta = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \cdot 100 \% = (100 - 91) / 100 \cdot 100 \% = 9 \%$$

Таблица 3

Исходные параметры для моделирования газовой воздушного потока в пылеосадительной камере

№ п/п	Параметр	Значение
1	Скорость потока на входе в камеру, м/с	5
2	Температура потока для фазы 1, t° С	20 °С
3	Температура потока для фазы 2, t° С	700 °С
4	Давление на выходе	атмосферное
5	Геометрические размеры камеры:	
	Длина камеры, L, м	6
	Ширина камеры, Н, м	2
5	Высота камеры, В, м	2
6	Диаметр входного патрубка, м	0,9
7	Диаметр выходного патрубка, м	0,9
8	Размеры частиц пыли, м (мкм)	
	Фракция 1	0,0001 (100)
	Фракция 2	0,00007 (70)
	Фракция 3	0,00005 (50)
	Фракция 4	0,00004 (40)
	Фракция 5	0,00003 (30)
	Фракция 6	0,00002 (20)
	Фракция 7	0,00001 (10)
9	Массовая плотность пыли, кг/см³	1
10	Количество частиц каждой фракции на входе, ед	100
11	Условия на стенках камеры:	
	Условие 1	идеальное отражение
	Условие 2	налипание

При анализе схем работы пылеосадительных камер можно выделить следующие закономерности:

1. Для Схем №1, №2 – при условии идеального отражения от стенок пыли унос составляет практически 97 %. Для данных схем весь объем пыли будет уноситься вместе с потоком воздуха.

При вводе в модель условия налипания на стенки, обусловленной шероховатостью стенок камеры и пола, процент осаждения пыли может достигать для крупнодисперсной пыли (70–100 мкм) до 24–50 %. Процент осаждения

пыли в зависимости от увеличения длины камеры увеличивается за счет действия силы тяжести на частицы пыли.

2. Для схем №3, №4, характерен большой процент осаждения как при условии идеального отражения стенки, так и при условии налипания. Для этих схем характерным признаком является наличие вертикального выхода и вертикальной стенки, в которую упирается основной поток при движении в камере. Именно удар потока в стенку создает завихрение потока и осаживание пыли.

3. По Схеме № 5. Дополнительные перегородки в камере устанавливаются для увеличения площади осаждения пыли и охлаждения газов при водоохлаждаемом исполнении перегородки. При набегании потока воздуха на перегородку создается завихрение потока в первой и второй камерах, далее поток идет на выход. При этом поток теряет скорость, увеличивается его время нахождения в камере, а значит увеличивается степень осаждения пыли, и увеличивается давление потока на перегородки.

При использовании модуля моделирования пылегазового потока проведен ряд дополнительных вычислений с изменением температуры °С и концентрация – с, г/м³, которые показали следующее:

– при изменении температуры пылегазового потока (температура потока на входе в пылеосадительную камеру может изменяться в зависимости от разных периодов плавки в пределах до 500 °С) количество осаждаемой пыли практически не меняется, что показывает отсутствие влияния температуры на эффективность осаждения пыли;

– при изменении концентрации пыли на входе в камеру – количество пыли на выходе из камеры отличается в пределах 1–3 % в меньшую сторону, что показывает увеличение концентрации пыли при той же скорости потока в незначительной степени, эффективность осаждения пыли может увеличиваться за счет более плотного взаимодействия частиц пыли между собой и увеличения эквивалентного диаметра пыли, что приводит к более интенсивному осаждению.

Сравнивая результаты натурного эксперимента на дуговой сталеплавильной печи ДСП-90 с результатами вычислительного эксперимента по схеме №4, получили сходимость результатов по дисперсному составу и количеству осаждаемой пыли в пределах 10–20 % (рис.13), что подтверждает эффективность примененной методики, и возможность практического применения ее при проектировании систем пылегазоудаления и пылеосадительных камер.

Полученные данные необходимы для создания методики подбора и расчета наиболее эффективной модели пылесадительной камеры с возможностью прогнозирования выбросов в атмосферу и степени их влияния на окружающую среду. Установлено, что увеличение эффективности пылесадительной камеры можно достичь

установкой водоохлаждаемых панелей как по стенам камеры, так и потолочных панелей, установкой дополнительных водоохлаждаемых перегородок, которые будут работать как охлаждающий контур, так и как дополнительная преграда, создающая зону завихрения и осаждения пыли.

Таблица 4

Количественная характеристика «пролета» частиц пыли по Схеме 1

Фракция, мкм	К-во частиц на входе в камеру, N ₁	К-во частиц на выходе из камеры, N ₂		Эффективность, %
		Условие 1	Условие 2*	
5	100	99	95	5
10	100	98	91	9
20	100	99	88	12
30	100	99	87	13
40	100	99	86	14
50	100	98	85	15
70	100	99	78	22
100	100	100	76	24

Таблица 5

Количественная характеристика «пролета» частиц пыли по Схеме 2

Фракция, мкм	К-во частиц на входе в камеру, N ₁	К-во частиц на выходе из камеры, N ₂		Эффективность, %
		Условие 1	Условие 2*	
5	100	99	68	32
10	100	98	60	40
20	100	99	60	40
30	100	99	60	40
40	100	99	60	40
50	100	98	59	41
70	100	99	58	42
100	100	100	53	47

Таблица 6

Количественная характеристика «пролета» частиц пыли по Схеме 3

Фракция, мкм	К-во частиц на входе в камеру, N ₁	К-во частиц на выходе из камеры, N ₂		Эффективность, %
		Условие 1	Условие 2*	
5	100	72	68	32
10	100	61	58	42
20	100	34	31	69
30	100	23	20	80
40	100	19	14	86
50	100	14	10	90
70	100	8	5	92
100	100	2	2	98

Таблица 7

Количественная характеристика «пролета» частиц пыли по Схеме 4

Фракция, мкм	К-во частиц на входе в камеру, N ₁	К-во частиц на выходе из камеры, N ₂		Эффективность, %
		Условие 1	Условие 2*	
5	100	70	69	31
10	100	68	66	34
20	100	63	60	40
30	100	48	46	54
40	100	35	32	68
50	100	23	20	80
70	100	8	8	92
100	100	3	3	97

Таблица 8

Количественная характеристика «пролета» частиц пыли по Схеме 5

Фракция, мкм	К-во частиц на входе в камеру, N ₁	К-во частиц на выходе из камеры, N ₂		Эффективность, %
		Условие 1	Условие 2*	
5	100	45	42	58
10	100	30	30	70
20	100	30	30	70
30	100	18	18	82
40	100	14	14	86
50	100	30	30	70
70	100	4	4	96
100	100	2	2	98

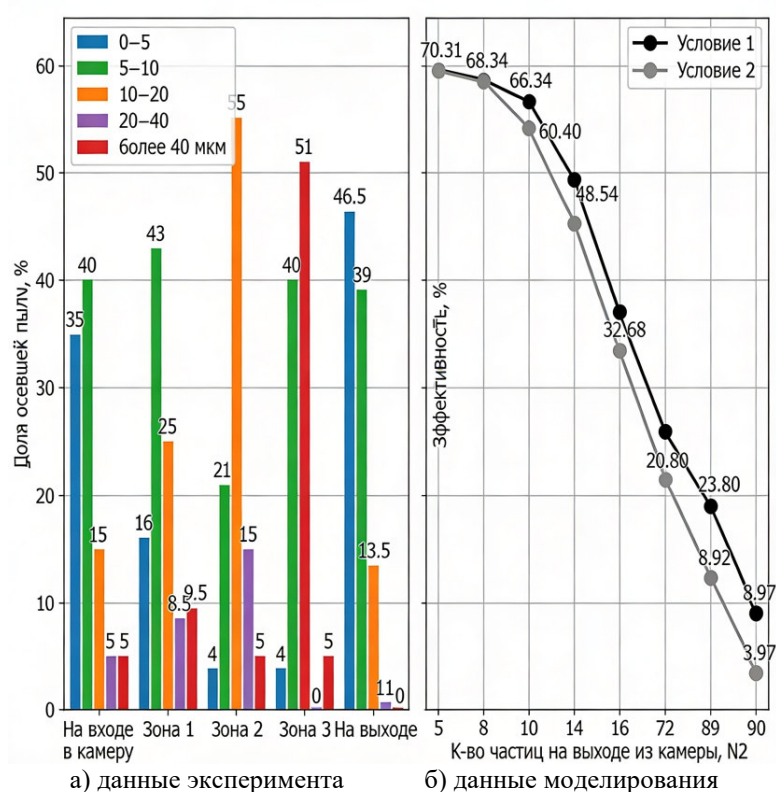


Рис. 13. Сравнительный анализ результатов эксперимента и моделирования

Выводы. Анализ рассмотренных предложений при полном и комплексном использовании их потенциальных возможностей позволят значительно снизить конечные объемы выбросов и затраты на их улавливание и очистку.

В зависимости от решаемой задачи и возможных вариантов повышения эффективности пылеулавливания в каждом конкретном случае – установка вытяжного зонта, изменение конструкции сводового патрубка или модернизации пылесадительной камеры – разработанная методология математического моделирования позволяет рассчитать эффективность выбранного варианта, подобрать оптимальную схему пылесадительной камеры. Применение дополнительной перегородки позволит увеличить объем осаждае-

мой пыли на 20 %, уменьшить нагрузку на тканевые рукава, увеличить их срок службы, а также уменьшает выбросы в атмосферу до 20 %.

Источник финансирования. Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (РНФ), грант № 25-29-01023, <https://rscf.ru/project/25-29-01023/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Егоров А.В. Электроплавильные печи черной металлургии. М.: Металлургия, 1985. 280 с.
- Гудим Ю.А., Зинуров И.Ю., Киселев А.Д. Современные дуговые сталеплавильные печи. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. 547 с.
- Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа. М.: ИКЦ "Академкнига", 2007. 464 с. ISBN: 978-5-94628-246-8 EDN: QMZWBX

4. Бигеев А.М., Бигеев В.А. *Металлургия стали. Теория и технология плавки стали*. Магнитогорск: МГТУ, 2000. 544 с. EDN: RCUWXV

5. Мулявко В.И., Олейник Т.А., Ляшенко В.И. Повышение эффективности работы вертикальных осадительных камер для утилизации пыли металлургического производства // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2017. Т. 60, № 4. С. 276–284. DOI: 10.17073/0368-0797-2017-4-276-284 EDN: YLIHBD

6. Николаев А.А. *Энергосберегающие режимы работы электродуговых печей*. Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2014. 215 с.

7. Сенько В.А., Сон Д.А., Мнухин А. В., Бедная Т.А. Использование пылегазоочистного оборудования в металлургической промышленности // *Наука и современность: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Таганрог, 20 января 2017 года. Таганрог: ООО "ДГТУ-Принт", ООО "ЭльДирект", 2017. С. 125–131. EDN: YGPGPX*

8. Тулуевский Ю.Н., Зинуров И.Ю. *Инновации для дуговых сталеплавильных печей. Научные основы выбора*. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. 347 с. ISBN: 978-5-7782-1458-3 EDN: QNAEKV

9. Кузнецов С.Н. Современные решения в области очистки отходящих газов дуговых сталеплавильных печей // *Экология и промышленность России*. 2020. Т. 24, № 8. С. 12–16. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-8-12-16 EDN: KZSSRS

10. Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г. *Очистка газов: Справочное издание*. М.: Теплоэнергетик, 2002. 640с.

11. Мулявко В.И., Олейник Т.А., Ляшенко В.И., Кириченко А.М., Олейник М.О. Повышение эффективности работы осадительных камер для улавливания пыли металлургического производства // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2016. Том 59. №7. С. 456–

464. DOI: 10.17073/0368-0797-2016-7-456-464 EDN: WFJHQP

12. Мысин А.В., Гурьянов С.Н. Очистка выбросов сталеплавильных производств // *Технологические и экологические аспекты добычи и переработки природного и техногенного сырья (Леоновские чтения - 2023): Материалы I Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 28 февраля 2023 года. - Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2023. С. 65–69. EDN: GDADNV*

13. Подпороинов Б.Ф., Семенов А.С. Пути повышения эффективности пылеулавливающих аппаратов в системах очистки вентиляционных выбросов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2016. №11. С. 104–107. DOI: 10.12737/22434 EDN: WXQONH

14. Мулявко В.И., Олейник Т.А., Ляшенко В.И., Кириченко А.М., Олейник М.О. Научно-технические основы обоснования работы осадительных камер для утилизации пыли металлургического производства // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2016. № 1(1393). С. 82–90. EDN: VLDEZP

15. Еронько С.П., Горбатьок С.М., Ткачев М.Ю., Ошовская Е.В. Совершенствование конструкции и модельные исследования работы системы газоотсоса электродуговой печи литейного цеха // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2019. Т. 62. №1. С. 34–41. DOI: 10.17073/0368-0797-2019-1-34-41 EDN: ZAMFTV

16. Глита О.М., Рыжавский А.З., Гонтарев М.С. Усовершенствованная конструкция водоохлаждаемой пылеосадительной камеры для мощных электросталеплавильных печей // *Черные металлы*. 2014. № 2(986). С. 10–14. EDN: SEUQVZ

17. Muller D., Schwalbe K. Modern gas cleaning technologies for high-performance EAF plants // *Millennium Steel*. 2021. Pp. 112–119.

Информация об авторах

Билан Олег Михайлович, начальник конструкторского отдела, Email: _bomix_@mail.ru. Волгодонский завод металлургического и энергетического оборудования. Россия, 347386 Ростовская область, г. Волгодонск, ул. Индустриальная, 10

Азаров Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, Email: azarovpubl@mail.ru. Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400005, г. Волгоград, пр.им.Ленина,28

Логачев Константин Иванович, доктор технических наук, профессор, Email: kilogachev@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Поступила 20.05.2026 г.

© Билан О.М., Азаров В.Н., Логачев К.И., 2026

¹*Bilan O.M., ²Azarov V.N., ³Logachev K.I.*¹*Volgodonsk Plant of Metallurgical and Power Equipment*²*Volgograd State Technical University*³*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

IMPROVEMENT OF THE GAS PURIFICATION SYSTEM FOR ARC STEELMAKING FURNACES

Abstract. *The features of gas and dust removal from an arc steelmaking furnace are considered, and directions for improving the efficiency of using exhaust hoods and modernizing the dust collection chamber are proposed. The distribution of dust in the dust collection chamber is determined using dust traps installed in the dust collection chamber. The zones of dust deposition, the patterns of change in the number of non-deposited dust particles, the average particle diameters in each zone of the chamber, and the average percentage composition of dust by dispersion, which comes from an arc steel furnace, are found. Using numerical modeling, the behavior of the gas-air flow was determined depending on the design of the dust collection chamber. It was found that the efficiency of the dust collection chamber can be increased by installing water-cooled panels on both the walls and the ceiling of the chamber, as well as by installing additional water-cooled partitions that act as a cooling circuit and an additional barrier.*

Keywords: *arc furnace, primary emissions, secondary emissions, bag filter, gas removal system, dust precipitation, dust traps, CFD.*

REFERENCES

1. Egorov A.V. Electric Smelting Furnaces of Ferrous Metallurgy [Elektroplavil'nye pechi chernoi metallurgii]. Moscow: Metallurgiya, 1985. 280 Pp. (rus).
2. Gudim Yu.A., Zinurov I.Yu., Kiselev A.D. Modern Arc Steelmaking Furnaces [Sovremennye dugovye staleplavil'nye pechi]. Novosibirsk: NSTU Press, 2010. 547 Pp. (rus).
3. Yusfin Yu.S., Pashkov N.F. Iron Metallurgy [Metallurgiya zheleza]. Moscow: IKC "Akademkniga", 2007. 464 Pp. EDN: QMZWBX (rus).
4. Bigeev A.M., Bigeev V.A. Steel Metallurgy. Theory and Technology of Steel Smelting [Metallurgiya stali. Teoriya i tekhnologiya plavki stali]. Magnitogorsk: MSTU, 2000. 544 Pp. EDN: RCYWXV (rus).
5. Mulyavko V.I., Oleinik T.A., Lyashenko V.I. Increasing the Efficiency of Vertical Settling Chambers for Utilizing Dust from Metallurgical Production [Povyshenie effektivnosti raboty vertikal'nykh osaditel'nykh kamer dlya utilizatsii pyli metallurgicheskogo proizvodstva]. Proceedings of Higher Education Institutions. Ferrous Metallurgy. 2017. Vol. 60, No. 4. Pp. 276–284. DOI: 10.17073/0368-0797-2017-4-276-284. EDN: YLIHBD (rus).
6. Nikolaev A.A. Energy-Saving Modes of Electric Arc Furnaces [Energosberegayushchie rezhimy raboty elektrodugovykh pechei]. Magnitogorsk: Nosov MSTU Press, 2014. 215 Pp. (rus).
7. Senko V.A., Son D.A., Mnukhin A.V., Bednaya T.A. Use of Dust and Gas Cleaning Equipment in the Metallurgical Industry [Ispol'zovanie pylegazoochistnogo oborudovaniya v metallurgicheskoi promyshlennosti]. Science and Modernity: Materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Taganrog, January 20, 2017. Taganrog: DSTU-Print LLC, EIDirect LLC, 2017. Pp. 125–131. EDN: YGPGPX (rus).
8. Tuluevskii Yu.N., Zinurov I.Yu. Innovations for Arc Steelmaking Furnaces. Scientific Foundations of Selection [Innovatsii dlya dugovykh staleplavil'nykh pechei. Nauchnye osnovy vybora]. Novosibirsk: NSTU Press, 2010. 347 Pp. EDN: QNAEKV (rus).
9. Kuznetsov S.N. Modern Solutions in the Field of Off-Gas Cleaning of Arc Steelmaking Furnaces [Sovremennye resheniya v oblasti ochistki ot khodyashchikh gazov dugovykh staleplavil'nykh pechei]. Ecology and Industry of Russia. 2020. Vol. 24, No. 8. Pp. 12–16. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-8-12-16. EDN: KZSSRS (rus).
10. Shvydkii V.S., Ladygichev M.G. Gas Cleaning: Reference Edition [Ochistka gazov: Spravochnoe izdanie]. Moscow: Teploenergetik, 2002. 640 Pp. (rus).
11. Mulyavko V.I., Oleinik T.A., Lyashenko V.I., Kirichenko A.M., Oleinik M.O. Increasing the Efficiency of Settling Chambers for Capturing Dust from Metallurgical Production [Povyshenie effektivnosti raboty osaditel'nykh kamer dlya ulavlivaniya pyli metallurgicheskogo proizvodstva]. Proceedings of Higher Education Institutions. Ferrous Metallurgy. 2016. Vol. 59, No. 7. Pp. 456–464. DOI: 10.17073/0368-0797-2016-7-456-464. EDN: WFJHQP (rus).

12. Mysyn A.V., Gur'yanov S.N. Cleaning of Emissions from Steelmaking Productions [Ochistka vybrosov staleplavil'nykh proizvodstv]. Technological and Environmental Aspects of Mining and Processing of Natural and Technogenic Raw Materials (Leonov Readings - 2023): Materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference, Irkutsk, February 28, 2023. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2023. Pp. 65–69. EDN: GDADNV (rus).

13. Podporinov B.F., Seminenko A.S. Ways to Increase the Efficiency of Dust Collecting Units in Ventilation Emission Cleaning Systems [Puti povysheniya effektivnosti pyleulavlivayushchikh apparatov v sistemakh ochistki ventilyatsionnykh vybrosov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 11. Pp. 104–107. DOI: 10.12737/22434 EDN: WXQOHH (rus).

14. Mulyavko V.I., Olejnik T.A., Lyashenko V.I., Kirichenko A.M., Olejnik M.O. Scientific and Technical Foundations of Substantiating the Operation of Settling Chambers for Utilizing Dust from Metallurgical Production [Nauchno-tekhnicheskie osnovy obosnovaniya raboty osaditel'nykh kamer

dlya utilizatsii pyli metallurgicheskogo proizvodstva]. Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information. 2016. No. 1(1393). Pp. 82–90. EDN: VLDEZP (rus).

15. Eron'ko S.P., Gorbatyuk S.M., Tkachev M.Yu., Oshovskaya E.V. Design Improvement and Simulation Studies of the Gas Exhaust System of an Electric Arc Furnace in a Foundry Shop [Sovershenstvovanie konstruktssii i model'nye issledovaniya raboty sistemy gazootsosa elektrodugovoi pechi liteinogo tsekha]. Proceedings of Higher Education Institutions. Ferrous Metallurgy. 2019. Vol. 62. No. 1. Pp. 34–41. DOI: 10.17073/0368-0797-2019-1-34-41 EDN: ZAMFTV (rus).

16. Glita O.M., Ryzhavskii A.Z., Gontarev M.S. Improved Design of a Water-Cooled Dust Settling Chamber for High-Power Electric Steelmaking Furnaces [Usovershenstvovannaya konstruktssiya voodokhlazhdaemoi pyleosaditel'noi kamery dlya moshchnykh elektrostaleplavil'nykh pechei]. Ferrous Metals. 2014. No. 2(986). Pp. 10–14. EDN: SEUQVZ (rus).

17. Muller D., Schwalbe K. Modern gas cleaning technologies for high-performance EAF plants. Millennium Steel. 2021. Pp. 112–119.

Information about the authors

Bilan, Oleg M. Head of Design Department, Email: _bomix_@mail.ru, Volgodonsk Plant of Metallurgical and Power Equipment, , 347386, Rostov Region, Volgodonsk, Industrialnaya Street, 10

Azarov, Valery N. Doctor of Technical Sciences, Professor, Email: azarovpubl@mail.ru, Volgograd State Technical University, Russia, 400005, Volgograd, st.Lenina, 28.

Logachev, Konstantin I. Doctor of Technical Sciences, Professor, Email: kilogachev@mail.ru, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 20.05.2026

Для цитирования:

Билан О.М., Азаров В.Н., Логачев К.И. Совершенствование системы газоочистки от дуговых сталеплавильных печей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2026. № 7. С. 58–70. DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-7-58-70

For citation:

Bilan O.M., Azarov V.N., Logachev K.I. Improvement of the gas purification system for arc steelmaking furnaces. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2026. No. 7. Pp. 58–70. DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-7-58-70