

СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА ОАО «МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД» НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Супрон П.А., студент

Научный руководитель Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье описано литейное производство ОАО «Минский тракторный завод», оказывающее основное воздействие на атмосферный воздух среди цехов завода. Предлагается внедрение интегрированной системы термического дожигания неорганизованных газовойделений плавильного участка с последующей механической очисткой инерционно-импульсными рукавными фильтрами.

Ключевые слова: машиностроение, литейный цех, охрана окружающей среды, атмосферный воздух, дожигательная камера, рукавный фильтр.

Машиностроение – ключевая отрасль промышленности, охватывающая проектирование, производство и обслуживание машин и оборудования. ОАО «Минский тракторный завод» (ОАО «МТЗ») – одно из крупнейших предприятий этой отрасли в Беларуси, выпускающее ежегодно свыше 30 тысяч колесных тракторов под брендом BELARUS для сельского, лесного и коммунального хозяйства.

На предприятии поддерживается полный цикл производства. Процесс изготовления тракторов проходит стадии проектирования, подготовки деталей, сборки и контроля качества на современном оборудовании.

Состояние и организация каждого производства характеризуется большим разнообразием применяемого оборудования и технологических процессов, а, следовательно, видами и количеством образующихся в процессе производства загрязняющих веществ.

Далее рассмотрены особенности литейного цеха №1 – ЛЦ-1 ОАО «МТЗ» как ключевого звена, определяющего экологические аспекты и оптимизацию процессов.

Литейные цеха ОАО «Минский тракторный завод» являются основным источником загрязнения атмосферного воздуха прежде всего из-за из-за комбинации высокотемпературных, механических и химических процессов, протекающих в них.

Литейный цех №1 предназначен для выплавки отливок из чугуна и производства чугунной дроби. Структура цеха разделена на плавильный участок, стержневой участок, участок формовки и выбивки, а также участок термообработки и обрубки литья, каждый этап сопровождается образованием своих выбросов веществ, загрязняющих атмосферный воздух.

Плавильный участок принимает шихтовые материалы – смесь лома чугуна, кокса и добавок – железнодорожным транспортом на склад, где их рубят копром, сортируют в суточные бункеры, взвешивают на тележке и поднимают скиповым подъемником в вагранки.

Четыре вагранки с поливным охлаждением работают поочередно, и в процессе плавки кокс горит не полностью, выделяя дым с сажей, газами и мелкой пылью металлов. Расплавленный чугун сливают в раздаточный ковш, а остатки шлака отправляют на установку Л-1248, где льют металл на водяную струю для дробы.

В ЛЦ-1 планируется модернизация плавильного участка – установка новых индукционных печей, но процесс их закупки и внедрения очень дорогостоящий и требует полной остановки участка, поэтому на протяжении многих лет вагранки остаются главными источниками загрязнения атмосферного воздуха.

Оптимальным решением выступает внедрение интегрированной системы термического дожигания неорганизованных газовыделений плавильного участка с последующей механической очисткой инерционно-импульсными рукавными фильтрами, полностью сохраняющей существующий газоотвод и футеровку печей. Эта технология подключается модульно на выходе дымоходов каждой вагранки фланцевыми соединениями, начиная с циклонного предочистителя для улавливания крупных частиц, за которым следует дожигательная камера, рекуперативный теплообменник, рукавный фильтр и удлиненная дымовая труба.

Дожигательное устройство работает по принципу каталитически ускоренной экзотермической окислительной реакции остаточных горючих компонентов дымовых газов, поступающих из дымохода при повышенных температурах и значительных объемах, где форсунки вторичного воздуха обеспечивают контролируемый коэффициент избытка кислорода для полного преобразования оксида углерода в диоксид, а углеводородов в воду и углекислый газ. Каталитическая насадка на основе благородных металлов на кордиеритовой матрице снижает температуру активации реакции, достигая высокой эффективности преобразования вредных газов, в то время как выделяемое тепло рекуперируется пластинчатым теплообменником для подогрева дутья вагранки, оптимизируя тепловой баланс и снижая расход топлива. Охлажденные газы затем направляются в рукавный фильтр, где цилиндрические рукава из термостойкой арамидной ткани или фторполимерной мембраны захватывают мельчайшие частицы методом диффузии и инерционного осаждения, с периодической импульсной регенерацией сжатым воздухом для сброса пыли в бункер рециркуляции обратно в шихту или гранулятор.

Внедрение системы приводит к снижению выбросов от плавильного участка, с преобразованием вредных газов в нейтральные соединения и улавливанием пыли (таблица 1).

Таблица 1 – Снижение выбросов основных загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	Механизм снижения предложенной системой (дожиг + рукавный фильтр на дымоходах вагранок)	Ожидаемое снижение выбросов
Оксид углерода (CO)	Газы поступают в камеру дожигателя, где поток O ₂ в избытке инициирует реакцию $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ при 800–1000 °С, реакция ускоряется Pt/Pd-катализатором, активация снижается до 600 °С, 92–97% CO преобразуется в CO ₂ и H ₂ O; рекуперация тепла снижает вторичное образование CO; рукавный фильтр стабилизирует поток.	в 40–100 раз (полное окисление в дожигателе)
Диоксид азота (NO ₂)	Дожегатель нагревает газы до 800–1000 °С с избытком воздуха, переводя NO в N ₂ /N ₂ O; рекуператор тепла подогревает дутье вагранки, снижая пиковые t _{плавки} и образование первичного NO; рукавный фильтр охлаждает поток <250 °С, минимизируя NO ₂ .	20–30% (оптимизация горения и t-контроль).
Твердые частицы суммарно (пыль SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , C)	Циклон на входе осаждает крупные фракции >50 мкм. После дожига газы через рукава (диаметр 150–200 мм), где диффузия/инерция/броуновское движение захватывают частицы <10 мкм с эффективностью 99,5–99,9%; импульсы сжатого воздуха регенерируют ткань, сбрасывая пыль в бункер для рецикла в шихту или Л-1248.	в 8–10 раз (первая ступень) + 95–99%
Оксид серы (SO ₂)	Дожегательная камера с Pt/Pd-катализатором окисляет $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ при 800–1000 °С; мембрана фильтра адсорбирует SO ₃ как H ₂ SO ₄ , сбрасывая в бункер.	50–70% (окисление + адсорбция)
Углеводороды предельные C1–C10 (CH ₄ , алифатика)	Полное сгорание $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ в камере с катализатором.	92–97% (полное окисление)

Концентрация загрязнителей на выходе дымовой трубы опускается ниже предельно допустимых значений. Экономический выигрыш проявляется в рекуперации тепла для оптимизации плавки, сокращении расхода кокса и полном устранении плат за превышения нормативов.

Литература:

1. <https://www.belarus-tractor.com>
2. Супрон, П. А. Анализ воздействия ОАО «Минский тракторный завод» на атмосферный воздух/ материалы VIII Международного молодежного экологического Форума, 13-14 ноября 2024 г., Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; Под ред. член-корреспондентов РЭА Т. В. Галаниной, М. И. Баумгартэна – Кемерово, 2025. – 1 электрон. опт. диск.
3. Система очистки и дожигания ваграночных газов. – <https://metallolome.ru/sistema-ochistki-i-dozhiganiya-vagranoch/> (Дата обращения 10.04.2026).
4. Охрана окружающей среды от выбросов литейного производства : методические указания для студентов специальностей ЛП, ОЛП / сост. Н. М. Глиняная. – Краматорск : ДГМА, 2012. – 60 с.
5. Печи литейных цехов: пособие для студентов специальности 6-05-0714-03 «Инженерно-техническое проектирование и производство материалов и изделий из них» профилиаций «Машины и технология литейного производства», «Аддитивные технологии в литейном производстве»: в 2 ч. / сост.: М. А. Садоха, С. Л. Ровин, ISBN 978-985-31-0166-9 (Ч. 2). Ф. И. Рудницкий. – Минск: БНТУ, 2025. – Ч. 2. – 2025. – 97 с.