

СОКРАЩЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ СВИНЦОВО-ПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

¹Толстова Ю. И., ¹Пастухова Л. Г., ¹Козырин К. В., ¹Осипов Р. В.

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

e-mail: ytolstova@mail.ru, l.g.pastuhova@urfu.ru, kozirin_ml@mail.ru, r.v.osipov@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты определения интенсивности загрязнения воздуха плавильных цехов соединениями свинца при проведении операций плавления и рафинирования на основе расчетного и экспериментального методов с учетом нестационарности технологических процессов. Полученные данные использованы для выбора схемы воздухораспределения при проектировании локализирующей и общеобменной вентиляции, а также для прогноза загрязнения атмосферного воздуха выбросами свинцово-плавильных производств. Предложены мероприятия, направленные на сокращение выбросов свинцово-плавильного производства.

Ключевые слова: Загрязнение, выбросы, свинец, свинцово-плавильное производство, расплав, вентиляция.

REDUCTION OF VENTILATION EMISSIONS OF LEAD-MELT MANUFACTURE

J. I. Tolstova¹, L. G. Pastukhova¹, K. V. Kozyrin¹, R. V. Osipov¹

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

e-mail: ytolstova@mail.ru, l.g.pastuhova@urfu.ru, kozirin_ml@mail.ru, r.v.osipov@mail.ru

Abstract. The article presents the results of determining the intensity of air pollution in smelting shops with lead compounds during melting and refining operations based on computational and experimental methods, taking into account the nonstationarity of technological processes. The data obtained are used to select the air distribution scheme in the design of localizing and general ventilation, as well as to predict air pollution from emissions of lead smelting production. The proposed activities aimed at reducing emissions of lead-smelting production.

Key words: pollution, emissions, lead, lead smelting, melt, ventilation.

1. Введение

Производство свинца, включающее выплавку чернового свинца и последующее его рафинирование, сопровождается загрязнением окружающей среды различными веществами, среди которых преобладают высокотоксичные соединения свинца. Выбросы свинцово-плавильных производств представляют серьезную опасность для окружающей среды, вызывая загрязнения атмосферы и, как следствие, почв и водоемов.

Источниками поступления свинца в воздух производственных помещений являются открытые поверхности расплавов [5]. В плавильных цехах, где процессы переработки сырья ведутся при температурах 800 – 1350°C, поступление свинца в воздух происходит, в основном, в виде аэрозолей за счет испарения. В настоящее время в плавильных цехах свинцовых заводов применяется комбинированная вентиляция: местная вытяжная - от

узлов переливов расплавов и общеобменная – аэрация. Даже при наличии эффективной вытяжной вентиляции от мест переливов расплавов в плавильных цехах значительное количество аэрозолей свинца и его соединений поступает от ковшей с расплавами при их транспортировке между плавильными агрегатами.

Рафинирование свинца ведется при температурах 330–900°C. При этом поступление свинца в воздух происходит за счет пылеобразования при перегрузке шлаковых корок, перемешивании расплавов и наборе ковшем расплава и транспортировке из котла в котел. По условиям технологии рафинирования применение местной вытяжной вентиляции затруднено. Вентиляция рафинировочных цехов осуществляется аэрацией. Несмотря на значительные воздухообмены, эффективность ее также недостаточна.

Воздух систем местной вентиляции подвергается очистке в рукавных фильтрах и электрофильтрах и выбрасывается через трубу в атмосферу. Наиболее опасными являются низкие источники выбросов свинца, то есть аэрационные фонари. Фонарные выбросы рассеиваются плохо и вызывают загрязнение приземного слоя атмосферы, что усложняет организацию воздухозабора приточных систем и исключает применение аэрации.

Снижение загрязнения окружающей среды может быть достигнуто на основе комплекса технических решений, включающих технологические мероприятия и совершенствование вентиляции с целью сокращения выбросов и замену низких источников выбросов высокими. Для достижения этих целей необходимы достоверные данные о количестве и динамике поступления аэрозолей свинца на разных стадиях технологического процесса и валовых выбросах свинца в атмосферный воздух.

2. Предмет и методы исследования

Динамика процессов транспортирования расплавов в ковшах оценивалась на основании данных хронометража технологического процесса в плавильном цехе Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината [1]. Оценка испарения и остывания расплавов производилась методами математического и компьютерного моделирования.

Данные о количестве поступающей в воздух пыли и содержании в ней свинца на разных стадиях рафинирования были получены по результатам натурных исследований [2]. Отбор проб на пыль и свинец в конвективных потоках над рафинировочными котлами осуществлялся аспирационно-весовым методом. Содержание пыли и свинца в пробах определяли полярографическим методом (чувствительность метода – 0,5 мг/л, ошибка метода 10 %).

Оценка возможного загрязнения атмосферного воздуха, водоемов и почв в зоне рассеяния выбросов производилась на основании расчета рассеивания выбросов по методике [3].

3. Результаты

Используя метод аналогии процессов тепло- и массообмена и основы кинетической теории газов, авторы разработали методику расчета испарения металлов с поверхности расплавов [1]. Полученные зависимости позволяют определить интенсивность выделения паров свинца с учетом температуры и процентного содержания свинца в расплаве, которая существенно зависит от температуры и вида расплава.

При транспортировке или отстое ковшей происходит остывание поверхности расплава и снижение интенсивности испарения. Для оценки динамики этих процессов

были применены закономерности нестационарного теплообмена для шара [6], эквивалентного по объему ковшу, в области значений критериев подобия $Bi = 30–300$ и $Fo = 0–0,2$ с учетом зависимости теплофизических характеристик расплавов от температуры. Результаты расчетов показали, что остывание поверхности происходит достаточно быстро. Уже через одну минуту температура составляет для шлака 0,35; для штейна – 0,62; для свинца – 0,75 первоначального значения. Таким образом, характер снижения температуры поверхности зависит от теплофизических свойств расплавов.

Проведена оценка динамики процессов испарения свинца при транспортировании и отстое ковшей с расплавами. Наибольшая интенсивность испарения соответствует моменту заливки ковша штейном, что обусловлено высокой начальной температурой. Для шлака начальная интенсивность испарения меньше за счет меньшего содержания свинца. Наименьшая интенсивность испарения – в момент заливки ковша черновым свинцом, но уменьшение интенсивности испарения происходит медленно. Для всех расплавов поступление аэрозолей свинца за счет испарения зависит от времени пребывания ковша вне укрытия.

С учетом этого было внесено дополнение в технологический регламент о необходимости отстоя ковшей под укрытиями местной вытяжной вентиляции не менее одной минуты, что в целом по плавильному цеху позволяет снизить поступление свинца в воздушную среду с 36 до 1 мг/с.

Оценка загрязнения воздушной среды при рафинировании получена на основании натуральных исследований, выполненных совместно с ЦНИИ профилактики пневмокониозов (г. Екатеринбург) в рафинировочном цехе Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината (Казахстан).

С учетом технологических мероприятий в плавильном цехе удастся уменьшить требуемый воздухообмен до объема воздуха, удаляемого местными отсосами, что исключает необходимость дополнительной вытяжки из верхней зоны [1]. С целью уменьшения загрязнения рабочей зоны рециркуляционными потоками приточный воздух должен подаваться непосредственно в рабочую зону воздухораспределителями панельного типа. При этом концентрации свинца в рабочей зоне приближаются к предельно допустимым значениям (ПДК_{рз}). Также исключается необходимость удаления загрязненного воздуха через фонарь.

В рафинировочном цехе для достижения предельно допустимой концентрации в рабочей зоне должен быть обеспечен воздухообмен в объеме расхода в конвективном потоке над котлом на уровне перекрытия, то есть при отсутствии рециркуляции. Минимизация воздухообмена в рафинировочном цехе достигается на основании анализа режима работы котлов, в соответствии с которым вытяжка может осуществляться только над котлами, работающими в интенсивном режиме. Удаление воздуха предусмотрено из верхней зоны с помощью вытяжного коллектора с приемными отверстиями, оборудованными клапанами с дистанционным управлением. Весь удаляемый воздух направляется на очистку в цех пылеулавливания, то есть исключается выброс загрязненного воздуха через фонарь.

Оценен экологический эффект от внедрения предлагаемых мероприятий: выдержка ковшей с расплавами под укрытием перед транспортировкой, исключение выбросов неочищенного воздуха через фонари, снижение объемов удаляемого воздуха.

В качестве критерия качества воздуха используют рекомендации о возможности использования воздуха без очистки для приточных систем и аэрации производственных зданий, если концентрация вредных веществ в нём не превышает 0,3 ПДК_{рз} [4]. Так как значение ПДК_{рз} для свинца составляет 0,01 мг/м³, то концентрация свинца в приземном слое не должна превышать 0,003 мг/м³.

Расчётом рассеивания выбросов по [3] установлено, что прирост концентрации свинца при выбросах через фонари составляет 0,0053 мг/м³ по плавильному цеху и 0,027 мг/м³ по рафцеху, что превышает норматив в 1,8 раз для плавильного цеха и в 9 раз – для рафинировочного.

Предотвращая выброс неочищенного воздуха через аэрационный фонарь плавильного цеха дающего выброс свинца 1,14 т/год, можно достигнуть соответствующего снижения прироста концентраций свинца в приземном слое атмосферы промплощадки. Замена аэрационного фонаря в рафинировочном цехе общеобменной вытяжкой позволяет устранить выброс свинца в количестве 3,3 т/год.

В результате загрязнения атмосферного воздуха при производстве свинца происходит загрязнение почв и водоёмов. Это связано с выпадением аэрозолей свинца в почву, а затем с дождевыми стоками в водоёмы. По данным о выносе удобрений с сельскохозяйственных угодий различного назначения, вынос вредностей колеблется в широких пределах в зависимости от климатических условий, типа и механического состава почвы и составляет от 0,1 до 30 %. Таким образом, часть аэрозолей свинца, поступающая в атмосферный воздух, оказывается в близлежащих водоёмах. Например, в водоёмы, расположенные вблизи Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината ежегодно только через фонари плавильного и рафинировочного цехов поступает до 4 тонн пыли свинца.

Внедрение предлагаемых мероприятий практически исключает влияние вентиляционных выбросов этих цехов на водоёмы и почву, так как предотвращается выброс загрязнённого воздуха без очистки.

4. Выводы.

Установлено, что загрязнение воздуха производственных помещений при производстве черного свинца происходит, в основном, в результате испарения с поверхности расплавов при транспортировке в ковшах, при рафинировании – в результате пылеобразования при интенсивных режимах работы технологического оборудования.

Результаты расчета остывания поверхности расплавов показывают, что характер снижения температуры поверхности зависит от теплофизических свойств расплавов и содержания свинца в них. Остывание поверхности расплава приводит к снижению интенсивности испарения, следовательно, при оценке загрязнения внутреннего воздуха следует учитывать время пребывания ковша вне укрытия. Увеличение времени отстоя ковша под укрытием после заливки позволяет снизить поступление аэрозолей свинца в десятки раз.

В плавильном цехе выдержка ковшей под укрытием позволяет уменьшить воздухообмен до объема, удаляемого местными отсосами, и исключить выброс через фонарь. Удаление загрязненного воздуха должно осуществляться системами местной вытяжной вентиляции с последующей очисткой.

Минимизация воздухообмена в рафинировочном цехе достигается на основании анализа режима работы котлов, в соответствии с которым вытяжка может осуществляться только над котлами, работающими в интенсивном режиме. Удаление загрязненного воздуха должно осуществляться системой общеобменной вытяжной вентиляции с последующей очисткой.

Ликвидация выбросов через фанари позволяет получить экологический эффект путем уменьшения загрязнения атмосферы промплощадки и исключения влияния указанных цехов на водоемы и почву окружающей территории.

Библиографический список

1. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Пастухова Л.Г. Вентиляция начинается с технологии. Совершенствование вентиляции плавильных цехов свинцовых заводов. – Инженерные системы. АВОК-Северозапад, № 4(8), 2002. - С. 27-29.
2. Пастухова Л.Г., Толстова Ю.И., Шумилов Р.Н. Вентиляция начинается с технологии. Особенности вентиляции цехов рафинирования свинца. – Инженерные системы. АВОК-Северозапад, № 2(10), 2003. - С. 54-55.
3. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 93с.
4. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003
5. Зайцев В.Ю. и Маргулис Е.В. 1985 Металлургия свинца и цинка (М.: Металлургия)
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.: Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981. 417 с.