

УДК 65.011.56:614.715

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЛИТЕЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Манохин Вячеслав Яковлевич
д.т.н., профессор
*Воронежский государственный архитектурно-
строительный университет, Воронеж, Россия*

Асминин Виктор Фёдорович
д.т.н., профессор
*Воронежская государственная лесотехническая
академия, Воронеж, Россия*

Мурзинов Валерий Леонидович
д.т.н., доцент
*Воронежская государственная лесотехническая
академия, Воронеж, Россия*

Данные разработки посвящены моделированию систем управления экологической безопасностью литейного производства. В рабочей зоне литейных цехов кроме пыли выделяется значительное количество загрязняющих веществ. Наиболее неблагоприятными участками с позиции выделения пыли являются камеры и решетки. Экспериментальный анализ показывает, что в составе пыли весовое содержание фракций с диаметром до 20 мкм достигает 43,8 % по массе. Даная пыль наиболее опасна для здоровья работающего персонала и создает проблемы при очистке воздухе

Ключевые слова: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ПЫЛЬ, ФРАКЦИЯ

UDK 65.011.56:614.715

**MODELS AND METHODS OF CONTROL
SYSTEMS OF ECOLOGICAL SAFETY OF
FOUNDRY MANUFACTURE**

Manohin Vajcheslav Jacovlevich
Dr.Sci.Tech., professor
*The Voronezh state architectural - building universi-
ty, Voronezh, Russia*

Asminin Viktor Fedorovich
Dr.Sci.Tech., professor
*Voronezh State Academy of Forestry and
Technologies, Voronezh, Russia*

Murzinov Valery Leonidovich
Dr.Sci.Tech., associate professor
*Voronezh State Academy of Forestry and
Technologies, Voronezh, Russia*

The given developments are devoted to modeling of control systems by ecological safety of foundry manufacture. In a working zone of foundry shops except for a dust the significant amount of polluting substances is allocated. The most unsuccessful sites from a position of allocation of a dust are chambers and lattices. The experimental analysis shows, that in structure of a dust the weight maintenance of fractions with a diameter up to 20 microns reaches 43,8 % on weight. The given dust is most dangerous to health of the working personnel and creates problems when clearing the air

Keywords: ECOLOGICAL SAFETY, CONTROL SYSTEM, FOUNDRY MANUFACTURE, DUST, FRACTION

Введение. Технологические процессы изготовления отливок характеризуются большим числом операций, при выполнении которых выделяются пыль, аэрозоли и газы. Пыль, основной составляющей которой в литейных цехах является кремнезём, образуется при приготовлении и регенерации формовочных и стержневых смесей, плавке литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, выпуске жидкого металла из печи, внепечной обработке его и заливке в формы, на участке выбивки отливок, в процессе обрубки и очистки литья, при подготовке и транспортировке исходных сыпучих материалов.

В воздушной среде литейных цехов, кроме пыли, в больших количествах находятся оксиды углерода, углекислый и сернистый газы, азот и его окислы, водород, аэрозоли, насыщенные оксидами железа и марганца, пары углеводородов и др. Источниками загрязнений являются плавильные агрегаты, печи термической обработки, сушила для форм, стержней и ковшей и т.п.

Химический состав ваграночной пыли зависит от состава металлозавалки, топлива, условий работы вагранки и может колебаться в следующих пределах (масс. доли, %): SiO_2 - 20 ÷ 50; CaO – 2 ÷ 12; Al_2O_3 – 0,5 ÷ 6; MgO – 0,5 ÷ 4; $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ - 10 ÷ 36; MnO – 0,5 ÷ 2,5; C - 30 ÷ 45.

Дисперсный состав ваграночной пыли представлен размерами частиц от 1 до 150 мкм. При горячем дутье мелкодисперсной пыли образуются значительно больше (от 1 до 25 мкм, около 50%) при холодном дутье порядка 10 %. Медианный размер пыли при горячем дутье 20 мкм, а при холодном дутье 70 мкм. Это подтверждает наличие значительного количества «легочной» пыли при горячем дутье.

В закрытых чугуно-литейных вагранках производительностью 5-10 т/ч на 1 т выплавленного чугуна выделяется 11-13 кг пыли, 190-200 кг оксида углерода, 0,4 кг диоксида серы, 0,7 кг углеводородов и др. Концентрация пыли в отходящих газах составляет 5-20 г/м³, медианный размер пыли 35 мкм. [1]

Человек, находящийся в атмосфере даже со смертельной концентрацией двуоксида азота, в течение первых часов ее воздействия не ощущает недомоганий. В конце восьмого часа появляется удушье, тошнота, боли в животе, кашель, учащается пульс, после чего наступает расстройство сердечной деятельности, смерть наступает через 8 – 48 часов.

Концентрации более 50 см³/м³, раздражающие слизистые оболочки носа и глаз, должны рассматриваться как опасные при воздействии небольшой продолжительности.

Длительное воздействие на рабочих двуокиси азота с концентрациями от 25 до 100 см³/м³ вызывает раздражение легких.

Оксиды углерода - образуются при неполном сгорании веществ, содержащих углерод, в том числе топлив всех видов (мазута, угля, природного газа и т.д.). Оказывает быстрое токсичное действие на организм человека при повышенной концентрации в воздухе. Некоторые лица обладают повышенной чувствительностью к воздействию этого вещества, первыми симптомами отравления являются головные боли, тошнота и чувство слабости. Действие его основывается на вытеснении кислорода из гемоглобина крови, что делает кровь неспособной переносить кислород из легких к тканям. Из-за пониженного содержания кислорода в крови наступает удушье.

Фенол - возможны отравления парами фенола, мелкой пылью, образующейся при конденсации в более холодном воздухе паров, а также при попадании его на кожу.

Поражение 0,5-0,25 поверхности тела смертельно, при поражении 0,25-0,17 поверхности происходит отравление с повышением температуры, нарушением функций нервной системы, кровообращения и дыхания.

Формальдегид - газ с резким запахом. Растворы выделяют газообразный формальдегид даже при комнатной температуре и особенно при нагревании. Газообразный формальдегид горит. С воздухом или кислородом образует взрывчатые смеси. Раздражающий газ, обладающий также и общей ядовитостью. Есть указания на сильное действие на центральную нервную систему.

Бенз(а)пирен - канцерогенное вещество, вызывающее генные мутации и раковые заболевания. Образуется при неполном сгорании топлива. Бенз(а)пирен обладает высокой химической стойкостью и хорошо растворяется в воде, из сточных вод распространяется на большие

расстояния от источников загрязнений и накапливается в донных отложениях [4].

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, эффектом суммации обладают: оксид углерода, диоксид азота, формальдегид; диоксид серы и аэрозоль серной кислоты; диоксид серы и никель металлический; диоксид серы и диоксид азота; диоксид серы и оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства; диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и фенол; диоксид серы и фенол; оксид и диоксид серы, аммиак и оксид азота.

Разработка технических и организационных мероприятий по снижению загрязнения рабочей зоны операторов связана с очисткой организованных и неорганизованных выбросов.

В связи с тем, что предельно допустимая концентрация пыли в рабочей зоне (ПДКр.з.) зависит от содержания SiO_2 в частности, при $\text{SiO}_2 \leq 10\%$ ПДКр.з.=10 мг/м³, а фактическое содержание SiO_2 колеблется в диапазоне от $\text{SiO}_2=35-50\%$ по [1], 28,2 - 46,51% по [2] и почти по всем участкам литейного производства сопровождается наличием кварца, ПДКр.з. необходимо в расчет принимать равным 2 мг/м³. Это и определяет более жесткий подход к оценке санитарного состояния рабочей зоны и эффективности инженерно-технических мероприятий по снижению загрязнения воздуха.

При действии общеобменной и локальной вентиляции, а также наличие источников тепловыделения (печи, плавильные агрегаты) конвекция потоков воздуха рабочей зоны цеха и, следовательно, условия распространения в связи с этим вредных веществ, в том числе и пыли имеет сложный характер.

Постановка задач исследования. От участков выбивки литья на 1 м² площади решетки выделяется до 45-60 кг/ч пыли, 5-6 кг/ч оксида углерода, до 3 кг/ч аммиака. Значительными выделениями пыли

сопровождаются процессы очистки и обрубки литья. Работа пескоструйных и дробеструйных камер, очистных барабанов и столов сопровождается интенсивным выделением пыли с медианным размером 20 – 60 мкм. Концентрация пыли в воздухе, отводимом от камер и барабанов, составляет 2 – 15 мг/м³ (табл.1).

Таблица 1

Удельное выделение загрязняющих веществ (кг/т) при выбивке форм и стержней

Оборудование	Пыль	Оксид углерода	Сернистый ангидрид	Оксиды азота	Аммиак
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой не более 1м	9,7	1,2	0,04	0,2	0,4
Решетки выбивные эксцентриковые грузоподъемностью до 2,5 т/ч	4,8	1,0	0,03	0,2	0,3
Решетки выбивные инерционные грузоподъемностью до 10 т/ч до 20 т/ч	7,9	1,1	0,03	0,2	0,4
	10,2	1,2	0,04	0,3	0,6
Решетки выбивные инерционно-ударные грузоподъемностью до 30 т/ч	22,3	1,2	0,04	0,3	0,6

Установлено многократное превышение запыленности на рабочем месте по отношению к запыленности в стороне от решетки при бездействии местной вентиляции, концентрация пыли достигает - 98,0 – 110,0 мг/м³

Выбор пылеулавливающего устройства во многом определяется дисперсностью и фракционным составом пыли. Хороший эффект в снижении концентрации пыли обеспечивает также верхнебоковая камера укрытия. После окончания выбивки включается механизм, откатывающий камеру-укрытие. При полном откате укрытия автоматически выключается вентиляционная установка.

Экспериментальные результаты. Количество мелкодисперсной пыли горелой земли над выбивной решеткой по данным Бромлея при $d =$

до 20 мкм достигает 43,8 % по массе (табл. 2).

Данные результаты подтверждены седиментационным и рентгеноспектральным микроанализом пыли, проведенным нами (табл. 3).

Таблица 2

Количество мелкодисперсной пыли горелой земли

Род пыли и место ее выделения	Весовое процентное содержание фракций со средним диаметром частиц в мкм					
	до 5	5 – 10	10 – 20	20 – 40	40 – 60	более 60
Горелая земля (из-под выбивной решетки)	6,0	3,6	15,3	16,3	6,3	52,5
То же (над пересыпкой)	3,4	4,0	17,4	21,8	8,4	45,0
То же (над выбивной решеткой)	5,8	7,8	30,2	25,3	11,5	21,2

Характеристика пыли по скоростям витания (осаждения) имеет весьма существенное значение. Скорость витания, то есть та средняя скорость, при которой пыль уносится вертикальным восходящим потоком в воздуховоде (или в помещении), учитывает одновременно ряд факторов. Способность пыли перемещаться с воздушным потоком, оседать в неподвижном или малоподвижном воздухе, проникать сквозь фильтры вместе со струйками воздуха, то есть поведение пылевых частиц как физических тел, определяется скоростью витания, которая зависит не только от размера частиц, но и от удельного веса их, а также от их формы [2].

Таблица 3

Фракционный состав пыли

Место выделения пыли	Весовое процентное содержание фракций со средним диаметром частиц в мкм						
	До 5	5-10	>10-20	>20-40	>40-60	>60-100	Более 100
Дробеструйный барабан	7,1	5,2	4,5	11,3	15,3	20,1	36,5
Выбивные решетки	6,2	8,3	30,0	18,2	11,1	12,0	14,2

Факельные выбросы литейных цехов осуществляются через относительно низкие трубы в зону промплощадки предприятия, при этом

необходим контроль приземных концентраций пыли и оценка их соотношения к нормативным значениям предельно допустимых концентраций рабочей зоны.

Анализ данных показывает, что наибольшее воздействие на уровень загрязнения атмосферы оказывают метеоклиматические условия (скорость и направление ветрового потока, температура и влажность воздуха), а также параметры источников выбросов и архитектурно - планировочные особенности местности.

Как следует из выявленных закономерностей, существенное влияние на уровень загрязнения воздуха примесями оказывает изменение влажности и температуры воздуха и наоборот, последние зависят от концентрации примеси в воздухе. Величина влажности в исследуемой точке $J_i(q)$ определяется зависимостью

$$j_i(c) = j_0(c) \cdot 10^{-k} \cdot (t_1 - t_2), \quad (1)$$

где j_0 - значение влажности в приземной зоне, %;

c – величина запыленности воздуха, мг/м³;

t_1, t_2 - соответственно, температура в приземном слое и на уровне H , °С.

Зависимость температуры с учетом запыленности воздуха имеет вид

$$T_i(c) = \Delta T_0 \cdot e^{-pH}, \quad (2)$$

где T_i - величина температуры на высоте, °С;

H – высота распространения примеси, м;

ΔT_0 - значение температуры в приземном слое, °С;

p – постоянный коэффициент.

Материал данной статьи позволяет конкретизировать наиболее важные факторы и зависимости их изменения, которые дают возможность для построения математической модели системы запыленности атмосферы производства в любой точке контролируемого региона.

Так как данная классическая модель не учитывает стоксовских сил, подъема струи в связи с наличием силы Архимеда, и импульса струи и явления диффузиофореза необходимо ее уточнение.

Выводы: Экспериментальная оценка дисперсного состава пыли показывает значительное количество мелкодисперсной пыли $\varphi < 20$ мкм (до 44,5 %) и до 14,5% «легочной» $\varphi < 10$ мкм.

Данные элементного состава пыли, полученные рентгеноспектральным микроанализом на сканирующем электронном микроскопе «Camscan S4» показывают значительное количество SiO₂ (до 48%), что увеличивает требования к качеству воздуха, так как в этом случае ПДК_{р.з.}=2 мг/м³. Состояние рабочей зоны показывает значительную запыленность воздуха на участке выбивных решеток, превышение фактических концентраций над предельно допустимыми концентрациями достигает 17 раз и носит кратковременный характер.

Литература

1. Белов С.В. Охрана окружающей среды / С.В. Белов. - М.: Высш.шк., 1991. – 319 с.
2. Бромлей М.Ф., Красилов Г.И. Отопление. Вентиляция чугунолитейных цехов. - М.: Профиздат, 1954. – 288 с.
3. Иванова И.А., Манохин В.Я. Оценка дисперсного состава пыли участка черного литья // Научный вестник Донского государственного технического университета. – 2010. - №1.
4. Орехова А.И. «Экологические проблемы литейного производства» («Экология производства», № 1, 2005 г., приложение «Металлургия»).