

УДК 504:351.77

Е. И. Головина

ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ФАКТОРЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРЫ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ

Ключевые слова: пыль, дисперсность, элементный состав, коэффициент риска, токсичность, дробеструйная камера.

В статье представлены теоретические и экспериментальные данные дисперсного, фракционного и элементного состава пыли на участках выбивных решеток и дробеструйных камер. Установлено в процессе эксперимента методами седиментации и рентгеноспектральным микроанализом значительное количество мелко-дисперсной менее 20мкм и «лёгочной» менее 10мкм пыли. Эти данные позволили оценить фактические концентрации пыли в рабочей зоне цеха и в заветренной зоне промплощадки, а также произвести расчет коэффициента экологического риска.

Keywords: dust, dispersion, elemental composition, risk ratio, toksichnosti, shot blasting chamber.

The article presents the theoretical and experimental data is dispersed, fractional and elemental composition of dust in areas knockout grates and blast chambers. Established during the experiment by the methods of sedimentation and x-ray microanalysis significant amount of particulate less than 20 mm and "pulmonary" at least 10mkm dust. These data allowed us to estimate the actual concentration of dust in the working area of the shop and in the leeward area of the industrial site, as well as to calculate the coefficient of ecological risk.

Социальный и экономический аспекты защиты воздушного бассейна являются важнейшими и должны основываться на концепции, согласно которой предотвращенный экологический ущерб должен быть больше затрат на подавление выбросов, а плата за использование атмосферы должна в основном быть направлена на мероприятия по дальнейшему снижению объемов выбросов [5,6].

В технологии литейного производства на различных этапах технологического процесса, выделяются высокие концентрации пыли и вредных газов.

При выполнении технологических процессов изготовления отливок, которые характеризуются большим числом операций, выделяются пыль, аэрозоли и газы.

При плавке чугуна кроме пыли выделяется значительное количество оксидов углерода, а также сернистый ангидрид, углеводороды, оксид азота. При плавке алюминия в индукционных печах, выделяется, помимо вышеуказанных ингредиентов, хлор и фтористый водород [24]. Литейное производство характеризуется газовыделением при воздействии теплоты жидкого металла на формовочные смеси, и в зависимости от вида компонентов из них может выделяться бензол, фенол, формальдегид, фуран, цианид, аммиак, а также другие токсические вещества [7,21,23].

Пыль, основной составляющей которой 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 [3,4].

В воздушной среде литейных цехов, кроме пыли, выделяется большое количество оксида углерода, углекислого и сернистого газа, азота и его окислы, водорода и др. К источникам загрязнения относятся

плавильные агрегаты, печи термической обработки, сушила для форм, стержней и ковшей и т.п. [17,28].

В процессе плавки металла образуются опасные и интенсивные выделения. Химический состав пыли и отходящих газов, выброс загрязняющих веществ, различен и зависит от состава металлозавалки, степени ее загрязнения, состояния футеровки печи, технологии плавки, выбора энергоносителей. При плавке сплавов цветных металлов, выделяются особенно вредные выбросы: пары цинка, кадмия, свинца, бериллия, хлор и хлориды, водорастворимые фториды [10].

В литейных цехах выделяются такие вредные вещества, как аммиак, ацетон, акролеин, фенол, формальдегид, фурфурол и т. д. [9,15].

Процессы очистки литья, такие как: выгрузка, загрузка и перемещение материалов, процессы сушки и дробления материалов, извлечение отливок из песчано-глинистых форм и освобождение их от отработанных формовочных смесей, приводят к тому, что пыль загрязняет рабочую зону литейного производства.

Степень агрессивности вредных веществ определяется предельно-допустимой концентрацией. Для различных по природе и химическому составу пыли ПДК различна, и в рабочей зоны колеблется от 2 до 10 мг/м³. Увеличение содержания SiO₂ ужесточает требования к чистоте воздуха рабочей зоны в литейных цехах.

Гигиеническое состояние рабочей зоны литейного производства определяют дисперсный, фракционный и элементный состав пыли. Специалисты считают, что наличие в воздухе пыли размером менее 10 мкм увеличивает опасность получения профзаболеваний: пневмокониоза (силикоза), бронхитов из-за низкой скорости оседания пыли и ее длительного пребывания в воздухе рабочей зоны. Тонкодисперсная пыль и пыль размером менее 10 мкм создает дополнительные трудности в пылеулавливании.

Анализы частиц в пылеприемниках циклонов обычного типа показывают их удовлетворительную эффективность в отношении пыли $d > 20$ мкм и недостаточную относительно пылей меньшего диаметра [19].

Непосредственно, целесообразна оценка параметров пыли в выбросе после пылеуловителя и в зоне рассеивания, т.к. этот процесс идет в пределах санитарно-защитной зоны.

Для оценки скоростей витания пыли и правильного подбора пылеуловителя, необходимо определить истинную плотность частиц.

Для здоровья работников опасна пыль, которая содержит свободную двуокись кремния - SiO_2 (кремнезем).

Количество кремнезема в пыли зависит от типа перерабатываемой горной породы: в кварцитах - 57-92%, в песчаниках - 30-75%, в гнейсах - 27-74%, в гранитах - 25-65%, в известняках - 3-37%.

Ядовитость кремнезема очень мала, но всё же при длительном вдыхании происходят медленно развивающиеся изменения в легких. Выявлена прямая зависимость между весовой концентрацией пыли в воздухе и заболеваемостью дышащих людей.

Опасность пыли для здоровья определяется ее гранулометрическим составом, то есть количественным соотношением в ней фракций пыли различных размеров.

При дроблении 45% выделяемой пыли имеет размер фракций до 20 мкм, т.е. относится к средней и тонкой пыли, имеющей скорость оседания менее 7 см/с [14,29].

Крупные частицы пыли задерживаются на слизистой оболочке верхних дыхательных путей. Основная часть частиц задерживается в альвеолах легких, их размеры менее 10 мкм. Класс опасности -3, ПДК = 0,5 мг/м³.

Взвешенные частицы (табл. 1) могут вызывать токсический эффект одним или несколькими из следующих трех путей:

1. Частица может быть помехой для одного или нескольких механизмов, которыми нормально очищается респираторный тракт.
2. Частица может быть токсична вследствие ее химических или физических характеристик.
3. Частица может быть носителем абсорбированного на ней токсичного вещества.

Таблица 1 - Наблюдаемое воздействие взвешенных частиц на окружающую среду и человека

Концентрация, мг/м ³	Временной интервал	Результат воздействия
60-180	Среднегодовая среднегеометрическая, в присутствии SO_2 и влаги	Увеличение коррозии стальных и цинковых пластин
150	При относительной влажности менее 70%	Уменьшение видимости до 8 км
80-100	С одновременным уровнем выпадений сульфатов в 30 мг/(см ² мес.)	Может произойти увеличение смертности на 50%
100-130	При концентрации SO_2 120 мкг/м ³	Возможно увеличение числа респираторных заболеваний у детей
200	Среднесуточная при $\text{SO}_2 > 250$ мкг/м ³	Заболевания промышленных рабочих могут привести к увеличению числа невыходов на работу
300	Максимальная в течение 24 ч при одно-временной концентрации $\text{SO}_2 > 630$ мкг/м ³	Пациенты с хроническим бронхитом испытывают резкое обострение симптомов
750	Среднесуточная с $\text{SO}_2 > 715$ мкг/м ³	Может наступить значительное увеличение заболеваний и смертельных случаев

Оценку дисперсности и фракционного состава пыли проводили методами седиментации и рентгеноспектральным микроанализом [1,2,13]. Под действием силы тяжести происходит расслоение дисперсной системы и образование высококонцентрированного слоя – осадка.

Рассмотрим силы, которые действуют на частицу с радиусом r и плотностью d_1 , свободно оседающую в дисперсионной среде плотностью d_2 и вязкостью η .

На частицу действует сила тяжести (собственный вес частицы):

$$F = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot (d_1 - d_2) \cdot g, \quad (1)$$

где g - ускорение силы тяжести.

Эта сила постоянна, и под ее действием частица движется в дисперсионной среде равномерно ускоренно. Одновременно с силой тяжести на частицу действует сила сопротивления f вязкой среды, равная

$$f = 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v, \quad (2)$$

где v - скорость движения частиц.

Из формулы скорости установившейся седиментации

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 (d_1 - d_2) g}{\eta}, \quad (3)$$

можно найти радиус частиц, оседающих с этой скоростью:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta}{2(d_1 - d_2)g}} v, \quad (4)$$

А скорость оседания, мы можем определить экспериментально, как отношение некоторого пути h , пройденного частицей, ко времени, за которое этот путь пройден. Измеряя скорость седиментации, возможно с большой точностью вычислить размеры частиц, а также получить полную картину распределения частиц по размерам, т.е. процент содержания частиц различных размеров в полидисперсной системе.

Для измерения скорости седиментации в дисперсных системах, пользуются приборами, называемыми седиментометрами. Самый простой и точный седиментометр Фигуровского.

Седиментационный метод не дает ответа на вопрос, сколько в данной дисперсной системе находится частиц данного определенного размера; но он лишь показывает процентное содержание частиц, имеющих размеры, находящиеся непосредственно в интервале между одним радиусом и другим.

Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) производился с помощью сканирующего электронного микроскопа «Camscan S4» с системой энергодисперсионного рентгеновского анализа и кристалл-дифракционными спектрометрами. Целью такого микроанализа является определение дисперсного и химического состава пыли, визуализация размера частиц.

Метод электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа создан на регистрации и изменении рентгеновского излучения, испускаемого поверхностью образца под действием облучения пучком электронов с энергией 10-40 кэВ.

Высокие требования к качеству воздуха рабочей зоны, а также нормированию выбросов обостряют проблему пылегазоочистки, с одной стороны, и проблему расчетов норм предельно допустимых выбросов (ПДВ), с другой [16,27].

Основными источниками загрязнений воздуха рабочей зоны пылью являются выбросы аэрозолей от участков выливки литья из форм и дробеструйном [22].

По данным седиментационного и рентгеноспектрального микроанализа, проведенного автором [19], размеры частиц представлены большим диапазоном. Основная масса мелкодисперсной пыли не оседает в пылеуловителе (ПУ), а выбрасывается в атмосферу.

В процессе оценки экологического риска, должны быть использованы расчетные методы, направленные не только на определение фактического уровня нарушений природных балансов территории, но и в большей мере на оценку возможной экологической опасности нарушения производственными объектами компонентов окружающей природной среды и территориальных природных комплексов [25].

Существующие средства очистки выбросов не всегда эффективны, они не обеспечивают должного выполнения требований гигиенических норм [12].

Предварительные экспериментальные и расчетные данные показывают превышение максимальных приземных концентраций над предельно допусти-

мыми (до 17 раз), при штучном производстве это носит кратковременный характер, однако при серийном степень экологического риска значительно увеличивается [30].

Для оценки показателя качества воздуха используют ИЗА - комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. Величину ИЗА, мы можем рассчитать по значениям среднегодовых концентраций. Поэтому этот показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

$$I_i = \left(\frac{C_i}{ПДК_{ii}} \right)^k, \quad (5)$$

где C_i - средняя за год концентрация i -го вещества; $ПДК_i$ - предельно допустимая концентрация вещества, мг/м³; K - константа, значения которой 1,5; 1,3; 1; 0,85 соответственно для веществ 1,2,3,4-го классов опасности (коэффициент изоэффективности).

Комплексный индекс загрязнения атмосферы определяется по формуле

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n (I_i), \quad (6)$$

По полученным значениям ИЗА определяется уровень загрязнения атмосферы:

ИЗА ≤ 5 - низкий;

ИЗА = 5 ÷ 6 - повышенный;

ИЗА = 7 ÷ 13 - высокий;

ИЗА = 14 и более - очень высокий.

При оценке экологической опасности загрязнения окружающей среды в результате антропогенной деятельности человека в качестве одного из показателей используется коэффициент токсичности предприятия (отрасли). Такие оценки позволяют учесть степень воздействия валовых выбросов предприятий.

Коэффициент токсичности выбросов рассчитывается следующим образом:

$$K_i = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (7)$$

где C_i - ПДК i -го компонента, содержащегося в выбросах предприятий отрасли, мг/м³; M_i - объем выбросов вещества, тыс.т; n - число выбрасываемых веществ.

Объем выбросов вещества

$$M_i = M_{i0} - M_{i0} \cdot q_i, \text{ тыс.т.},$$

где M_{i0} — количество выбрасываемого вещества, тыс.т; q_i — количество уловленного вещества, доли единицы.

Недостатком данных методов оценки экологической опасности является то, что K_t и ИЗА используют среднестатистические уровни загрязнения и не оценивают конкретной ситуации.

Оценка экологической опасности производственных объектов на промплощадках предприятий в отношении приземной атмосферы может определяться по формуле [11]

$$O_j = \sum_{i=1}^n A_i M_i, \quad (8)$$

где n - число ингредиентов загрязняющих веществ, A_i - коэффициент опасности i -го вещества, усл. ед., M_i - масса i -го вещества, поступающего в атмосферу от всех i источников j - го производственного объекта, тыс.т.

Коэффициент опасности i -го вещества A_i определяется по формуле

$$A_i = \frac{1}{C_i} P_1 P_2 P_3, \text{ усл. ед.} \quad (9)$$

где C_i - лимитирующая концентрация i -го вещества в организме человека вследствие дыхания, P_1 - поправка на рассеивание i -го вещества в приземной атмосфере (без размерности), P_2 - поправка на вероятность накопления i -го вещества в природных компонентах, P_3 - поправка на воздействие i -го вещества на различные реципиенты помимо человека.

Суммарная величина массы загрязняющих веществ M определяется массами выбросов ингредиентов загрязнений, имеющих в данном производственном объекте источниками:

$$M = M_1 h_1 + M_2 h_2, \quad (10)$$

где M_1 - масса выбросов от организованных стационарных источников, тыс. т.; M_2 - масса выбросов от неорганизованных стационарных источников, тыс. т.; h_1 - поправочный коэффициент для стационарных организованных источников - 1,0; h_2 - поправочный коэффициент малой высоты неорганизованных источников выбросов, увеличивающий опасность загрязнения, экспертно определенная величина коэффициента - 1,4.

В работе [20] предлагается оценка категории экологической опасности предприятия $K_{эоп}$ по четырем классам. $K_{эоп}$ - коэффициент экологической опасности предприятия, определяется по формуле

$$K_{эоп} = \sum_{i=1}^n (M_i / C_{ПДК_i})^{a_i}, \quad (11)$$

где M_i - масса загрязняющего вещества, т/год; $C_{ПДК_i}$ - концентрация загрязняющего вещества в долях ПДК_{р-з}; a_i - коэффициент, учитывающий класс опасности i -го вещества: $a_1 = 1,7$ - 1-й класс опасности; $a_2 = 1,3$ - 2-й класс опасности; $a_3 = 1$ - 3-й класс опасности; $a_4 = 0,9$ - 4-й класс опасности; $K_{эоп} > 10^6$ - соответствуют предприятиям, наиболее активно загрязняющим атмосферу, 1-й категории, $K_{эоп} > 10^4 - 10^6$ - 2-й категории, $K_{эоп} \geq 10^3 - 10^4$ - 3-й категории, $K_{эоп} < 10^3$ - 4-й категории.

Сравнение методов расчета параметров экологической опасности по зависимостям (3.44) и (3.47) показывает значительное расхождение параметров экологической опасности предприятия (на несколько порядков). Оценка по работе [8] категории предприятия как загрязнителя атмосферы является менее формальной, т.к. предполагает анализ параметра Π , более точно характеризующего степень воздействия предприятия на загрязнение атмосферы.

При определении параметра Π для каждого i вещества и каждого источника j рассчитывают значения требуемого потребления воздуха ТПВ $\text{м}^3/\text{с}$, и параметра R по следующим формулам:

$$\text{ТПВ}_{ji} = 10^3 M_{ji} / \text{ПДК}_i \quad (11)$$

$$R_{ji} = \frac{D_j}{H_j + D_j} \cdot \frac{C_{ji}}{\text{ПДК}_i} \cdot 10^3, \quad (12)$$

где M_{ji} - масса вещества, выбрасываемого источником в одну секунду, г/с; ПДК_i - предельно допустимая концентрация вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$; D_j - диаметр устья источника, если устье источника не круглое, то за D_j принимают его наибольший размер, м; H_j - высота источника над уровнем земли, м; C_{ji} - концентрация вещества в устье источника, $\text{г}/\text{м}^3$.

При $D_j > 0,5 H_j$ выражение $D_j / (H_j + D_j)$ принимают равным единице. Значение параметра Π $\text{м}^3/\text{с}$, для каждого вещества определяют по следующей формуле:

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^n \text{ТПВ}_{ji} R_{ji}, \quad (13)$$

где n - количество источников на предприятии, выбрасывающих одноименные вещества.

Произведём оценку категории предприятия как загрязнителя атмосферы на основе коэффициента экологического риска.

Учитывая, что $M_{ji} = C_{ji} q_{ji}$ где q_{ji} - где объем выбрасываемого газа, $\text{м}^3/\text{с}$, подставляя формулы (3.48) и (3.49) в формулу (3.50), получим коэффициент экологического риска $K_{эр}$:

$$K_{эр} = \sum_{j=1}^n 10^6 \frac{M_{ji} \cdot D_j \cdot C_{ji}}{\text{ПДК}_{ji}^2 \cdot (H_j + D_j)} = \sum_{j=1}^n 10^6 \frac{D_j}{H_j + D_j} \left(\frac{C_{ji}}{\text{ПДК}_{ji}} \right)^2 \cdot q_{ji} \quad (14)$$

Полученная нами аналитическая зависимость дает возможность нам получить параметр, в полной мере характеризующий геометрию источника выброса, мощность и токсичность выброса [18].

Для пыли литейного производства от участков выбивки решеток и дробеструйного участка, полученные по экспериментальным данным средние значения $K_{эр} = 6 \cdot 10^5$.

Согласно классификации предприятия как источника загрязнения атмосферы по ОНД 1-84 [26] определили третью категорию. Оценка производилась по пыли с ПДК=2 $\text{мг}/\text{м}^3$ для участков выбивки решеток и дробеструйного участка литейного цеха.

Анализ методов определения экологической опасности показывает, что использование зависимостей (3.44) и (3.47) дает возможность более приближенной оценки, так как при этом используется статистика годовых выбросов, в отличие от предлагаемой в данной работе модели, где используются данные по секундным выбросам. Это обстоятельство является особенно важным при неритмичной работе предприятия, что характерно непосредственно для современного производства в России. К примеру, в случае штучного производства вместо серийного.

Выводы

1. Использование аналитического уравнения позволило учесть в комплексе производительность и токсичность выброса, и оценить коэффициент экологического риска.

2. Данные элементного состава пыли, полученные рентгеноспектральным микроанализом на сканирующем электронном микроскопе «Camscan S4», показывают значительное количество SiO_2 (до 48%), что увеличивает требования к качеству воздуха ра-

бочей зоны литейного производства, так как в этом случае $ПДК_{рз}=2 \text{ мг/м}^3$.

3. Воздух рабочей зоны имеет значительную запыленность на участке дробеструйной камеры: семи кратное превышение фактических концентраций над предельно-допустимыми, но носит кратковременный характер.

Литература

1. Азаров, В.Н. О фракционном составе пыли в рабочей зоне и инженерно-экологических системах // *Технология, строительство и эксплуатация инженерных систем : материалы междунар. науч.-техн. конф.* - СПб, 2002. - С. 10-13.
2. Андреев, С.Е. Методы определения фракционных составов / С.Е. Андреев // *Горный журнал.* - 1951. - № 11. - С. 32 - 36.
3. Анисович, Г.А. Затвердевание отливок / Г.А. Анисович. - Минск : Наука и техника, 1979. - 232 с.
4. Ахназарова, С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С. Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. - М.: Высшая школа, 1985.-327 с.
5. Базовые нормативы платы за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду и размещение отходов. Коэффициенты, учитывающие экологические факторы. - М.: Минприроды России (от 27.11.92).
6. Базовые нормативы платы за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду и размещение отходов. С изменениями от 18.08.93. - М.: Изд-во: Минприроды России.
7. Барбашина Е.Г. Справочник молодого литейщика / Е.Г. Барбашина, Г.Ф.Фокин. - М. :Высшая школа, 1967. - 320 с.
8. Белов, С.В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. - 2-е изд. -М.:Высш. шк., 1991.-319 с.
9. Буданов, Е.Н. О новых тенденциях развития литейных технологий / Е.Н. Буданов // *Литейное производство.* - 2006. - №12. - С. 26-29.
10. Вредные вещества в промышленности : справочник. В 3 т. Т. 3. -Химия, 1977.-527 с.
11. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей. - М.: Экономика, 1986. - 124 с.
12. Гордон, Г.М. Контроль пылеулавливающих установок / Г. М. Гордон, И. Л. Пейсахов. - М. : Металлургия, 1973. - 384 с.
13. Градус, Л.Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии / Л.Я.Градус. - М.: Химия, 1979. - 232 с.
14. Гримитлин, М.И. Организация воздухообмена в цехах с пылевыделением / М. И. Гримитлин, Ю.Г. Грачев, С.Н. Знаменский // *Новое в проектировании и эксплуатации вентиляции.* - Л. : Стройиздат, 1982. - С. 68-71.
15. ГОСТ 12.0.003. Опасные и вредные факторы. - М. : Стандарты, 2003.
16. Дибров, И.А. Перспективные направления развития литейного производства России и задачи Российской ассоциации литейщиков // *Труды IX съезда литейщиков России.* - Уфа, 2009. - С. 3-6.
17. Емельянова, А.П. Технология литейной формы / А.П. Емельянова. - М. : Машиностроение, 1986. - 224 с.
18. Иванова, И.А. Определение коэффициента экологической опасности литейного производства / Иванова И.А. // *Вестник ДГТУ.* - 2010. - Т. 10, № 3(46). - С.406-409.
19. Иванова И.А. Обеспечение безопасных условий труда рабочих на участках выбивных решеток литейного цеха/ И.А. Иванова // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ростов, 2010.
20. Канищев, А.Н. Экология автодорожного комплекса / А.Н. Канищев. - Воронеж : изд-во гос. ун-та, 2001. - 152 с.
21. Корзон, А.И. Проблемы экологии и пути их решения в литейном производстве. / А.И. Корзон, А.А.Ляпкин, Р.И.Оглоблина // *Литейное производство.* - 1988. - № 3. - С. 2-3.
22. Куманин, И.Б. Состояние и пути улучшения охраны труда и окружающей среды в литейном производстве I И.Б. Куманин, А. М. Лазаренков. - Минск, 1989. - 108 с.
23. Ляпкин, А.А. Токсичные вещества в твердых отходах литейного производства / А.А.Ляпкин, Н.С. Чуракова, Т.В. Баталова // *Литейное производство.* - 1984. - № 10. - С. 35-36.
24. Литье по выплавляемым моделям / под. общ. ред. В.А. Озерова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1994. - 448 с.
25. Матюхов, В.Г. Техника безопасности в литейном производстве / В.Г. Матюхов. - М. : Высшая школа, 1980. - 94 с.
26. ОНД 1-84. Инструкции о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдачи разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям. - СПб.: Госкомгидромет, 1984.
27. Орехова, Л.И. Экологические проблемы литейного производства/А.И. Орехова//*Экология производства.* - 2005. - №1. - С. 2-3.
28. Рекомендации по делению предприятий на категории опасности в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ / Госкомприроды СССР. - М., 1988.
29. Трухов, Ю.А. Технология литейного производства: литье в песчаные формы / А.П. Трухов, Ю.А. Сорокин, М. Ю. Ершов ; под ред. А.П. Трухова. - М.: Академия, 2005. - 524 с.
30. Экология литейного производства / под ред. А.Н. Болдина, С.С. Жуковского, А.Н. Поддубного, А.И. Яковлева, В.Л. Крохотина. - Брянск : изд-во БГТУ, 2001.-315 с.

© **Е. И. Головина** - старший преподаватель кафедры пожарной и промышленной безопасности, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, u001111@vgasu.vrn.ru.

© **E. I. Golovina**, senior lecturer of fire and industrial safety, Voronezh state University of architecture and construction, u001111@vgasu.vrn.ru.