

Integration of Environmental Safety, Occupational Health and Safety, and Emergency Management: An Integrated Approach to Protecting Humans and Nature

Vol. 1 Issue 1 | pp. 293-299 | **ISSN:** XXXX-XXXX

Available online @ https://globalconf.net/index.php/IESOHSEM

Article

Исследование Загрязнения Окружающей Среды Выбросами Литейных Цехов

А.М.Лазаренков[1], Ш. М.Нарзиев[2]

1. *Профессор кафедры «Охрана труда» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор*
2. Профессор кафедры «Математика и естественные науки» Университет Ренессанс, доктор технических наук, профессор.

Abstract: *Приведены результаты исследования выбросов вредных веществ от источников литейных цехов. Рассмотрены источники выбросов и основные вредные вещества, выбрасываемые от участков литейных цехов. Определено распределение выбрасываемых вредных веществ от источников различных участков литейных цехов. Установлено, что наибольшее содержание в выбрасываемых объемах приходится на пыль, углерода оксид, азота оксиды, фенол, формальдегид, превышение концентрации которых в воздушной среде отмечается как в жилой зоне, находящейся в районе расположения предприятия, и особенно вблизи литейных цехов.*

Keywords: *литейный цех, участки цехов, источники выбросов, окружающая среда, вредные вещества, жилая зона*.

Citation: А.М.Лазаренков, Ш. М.Нарзиев. Исследование Загрязнения Окружающей Среды Выбросами Литейных Цехов. Integration of Environmental Safety, Occupational Health and Safety, and Emergency Management: An Integrated Approach to Protecting Humans and Nature. 2026, 1(1), 293-299.

Received: 12th Jan 2026
Revised: 26th Jan 2026
Accepted: 8th Feb 2026
Published: 29th July 2026

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

1. Введение.

С тех пор как на земле возникло литейное производство, в окружающую среду выбрасывается множество вредных летучих, сыпучих и пахнущих веществ, отравляющих все живое. И многие годы люди стремятся как-то уменьшить тот огромный вред, который наносится природе, всем нам от работы оборудования "горячих" цехов, добиться, чтобы инженерно-технический персонал, рабочие строго и неукоснительно соблюдали установленные нормы охраны труда.

Острой проблемой в литейном производстве остается неудовлетворительное состояние воздушной среды. Химизация литейного производства, способствуя созданию прогрессивной технологии, одновременно ставит новые задачи в оздоровлении воздушной среды.

2. Обзор литературы и методология.

Следует отметить, что данной проблеме посвящено не так уж много публикаций, особенно выбросам вредных веществ от источников литейных цехов. В работе [1] приведены вредные вещества в выбросах литейного производства и их источники, а также рассмотрен анализ методов и аппаратов очистки газовоздушных выбросов, сточных вод и методов утилизации твердых отходов с использованием данных, приведенных в работах [2], [3], [4].

Таким образом, ставилась задача проведения исследования выбросов от источников литейных цехов с разным характером производства, определения долевого участия различных участков литейных цехов в выбросах, проведения расчетов рассеивания вредных веществ в атмосфере, оценки загрязнения воздуха

близкорасположенных жилых массивов и территории предприятий, чтобы получить объективную картину об экологическом равновесии в рассматриваемой системе «литейный цех – человек – окружающая среда», оценить влияние выбросов на людей, проживающих в загрязненных зонах и наметить пути стабилизации равновесия в системе [5].

Эти исследования проводились по всем выбрасываемым вредным веществам с учетом применяемых технологических процессов, используемого оборудования и характера производства.

Совершенствование технологических процессов, применение высокоэффективных систем газоочистки позволяют в значительной мере уменьшить размеры промышленных выбросов в воздушный бассейн. В то же время полностью уловить пылегазообразные примеси в отходящих газах практически невозможно, и выделение в атмосферу некоторой части вредных веществ пока еще неизбежно [6]. Для того, чтобы концентрации вредного вещества в приземном слое атмосферы не превышала предельно допустимую максимальную разовую концентрацию, пылегазовые выбросы подвергаются рассеиванию в атмосфере через высотные трубы.

Распространение в атмосфере выбрасываемых от источников промышленных выбросов подчиняется законам турбулентной диффузии. На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают состояние атмосферы, расположение предприятий, характер местности, физические свойства выбросов, параметры источника выброса и др.

Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью ветра, а вертикальное - распределением температур в вертикальном направлении. По мере удаления от источника в направлении распространения промышленных выбросов концентрация вредностей в приземном слое атмосферы сначала нарастает, достигает максимума и затем медленно убывает. Источники литейных цехов относятся к источникам средней высоты (Н=10-50 м) или низким источникам (Н = 2-10 м), поэтому максимальное содержание вредных веществ будет смещаться к источнику.

Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания выбросов промышленных предприятий в атмосфере и определение приземных концентраций вредных веществ, является «Методы расчета рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (утверждено Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 №273).

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества $C_м$ (мг/м^3) при выбросе газовоздушной смеси из устья источника достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии $X_м$ (м) от источника и определяется по формуле

$$C_м = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; M - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с; F -безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; m и n - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса; H - высота источника выброса над уровнем земли, м; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси $T_г$ и температурой окружающего атмосферного воздуха $T_в$, °С; V_1- объемный расход газовоздушной смеси.

Масса вредных веществ M, выбрасываемых в атмосферу каждым источником, определяется по формулам:

секундная $M_c = \frac{Q \cdot C_{ср}}{3{,}6 \cdot 10^6}$, г/с

годовая $M_г = \frac{3600 \cdot M_c \cdot T_{год} \cdot Кз}{10^6}$, т/г

где Q - объем выбрасываемой в атмосферу газовоздушной смеси, м³/ч;

$C_{ср}$ - концентрация вредных веществ в газовоздушной смеси, мг/м³;

$T_{год}$ - годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$K_з$ – коэффициент загрузки оборудования.

Для чугуно- и сталелитейных цехов, выбранных в качестве объектов для исследований, были выполнены по данным инвентаризации вентиляционных выбросов расчеты рассеивания вредных веществ вблизи расположенных жилых районах, а также на территории предприятия по оценке чистоты воздуха, забираемого в системы приточной вентиляции. Расчеты позволили в результате работы ЭВМ получить карты рассеивания вредных веществ, на которых наглядно видна картина распределения концентраций вредных веществ на рассматриваемой площадке. При этом расчеты проводились без учета фоновых концентраций вредных веществ в районе предприятий.

3. Обсуждение.

Исследования проводились по всем выбрасываемым вредным веществам с учетом применяемых технологических процессов и используемого оборудования. В табл. 1 приведено распределение выбросов вредных веществ в атмосферу по участкам литейных цехов.

Анализ результатов исследований показал, что основными источниками пыли в выбросах литейных цехов являются плавильно-заливочные (в среднем 52,1 %), обрубочно-очистные (16,6 %), смесеприготовительные (7,8 %) и выбивные (8,8 %) участки., что подтверждается и данными работ [6], [7], [8].

Таблица-1.

Распределение выбросов вредных веществ в атмосферу по участкам литейных цехов

Вредные вещества	Валовые выбросы вредных веществ по участкам литейных цехов, %						
	шихтовый	плавильно-заливочный	смесеприготовительный	стержневой	формовочный	выбивной	термообрубной
пыль	4,1	52,1	7,8	5,7	4,9	8,8	16,6
оксид углерода	1,2	71,2	1,1	2,3	1,4	3,4	19,4
азота оксид	0,4	74,6	0,5	6,5	2,3	2,6	13,1
фенол+формальдегид		6,3	5,6	84,0	1,7	2,4	

Одним из основных источников пыли являются обрубочно-очистные отделения [9], которые выбрасывают в атмосферу почти четверть всей пыли при высоком коэффициенте загрузки очистного оборудования [10].

Аналогичное положение отмечается и в смесеприготовительных отделениях (около 8 %), где осуществляется подготовка формовочных материалов и приготовление смесей. Причем, значительная запыленность воздуха рабочих мест вышеуказанных участков приводит к неорганизованному удалению пыли через светоаэрационные фонари.

При изготовлении отливок в песчано-глинистых формах в литейных цехах на шихтовых участках происходит подготовка материалов (песка и глины), при

которых выбрасывается значительная масса пыли (доля печей сушки песка и глины, узлов пересыпки материалов составляют около 70% пыли шихтовых участков).

Основным источником выброса оксида углерода являются плавильные агрегаты, на которые приходится около 71,2% выбросов плавильно-заливочных отделений. При этом характер производства литейного цеха не оказывает значительного влияния на объемы выбросов, а только тип используемых плавильных агрегатов. Так применение электроплавильных печей может снизить долю выбрасываемого отделением оксида углерода. А значительная масса выброса оксида углерода приходится на заливочные конвейеры и охладительные кожуха, а также на выбросы через светоаэрационные фонари.

Источниками выброса диоксидов азота в сталелитейных цехах являются плавильные агрегаты, заливочные конвейеры и охладительные кожуха. На долю плавильно-заливочных отделений приходится в среднем около 74,6% выбрасываемых в атмосферу диоксида азота. Обращает внимание и высокий процент выброса диоксидов азота со стержневых участков (около 6 % за счет используемых стержневых автоматов с газовым нагревом оснастки) и термообрубочных участков (около 13,1% за счет термических печей с газовым нагревом).

При использовании стержней, изготавливаемых на автоматах по нагреваемой оснастке и из холодно-твердеющих смесей, выбросы фенола, формальдегида, фурфурола, фурилового и метилового спирта приходятся в основном на стержневой участок (около 84%). Небольшие количества этих веществ отмечаются в выбросах заливочных, выбивных и смесеприготовительных участков.

Оценка долевого участия литейных цехов машиностроительного производства в загрязнении атмосферы показала, что они составляют по пыли около 80 %, оксиду углерода – около 65%, диоксиду азота – около 75%, фенолу, формальдегиду, фурфуролу и др. – около 95%.

Таким образом, от источников литейных цехов в окружающую среду выбрасывается значительное количество вредных веществ. Степень улавливания вредных веществ очистными установками не достаточна. Следует отметить, что в основном очистные системы используются для очистки выбрасываемых газов от пыли. Применение очистных сооружений на базе рукавных фильтров для очистки отходящих газов от пыли от дуговых электроплавильных печей значительно снижает количество выбрасываемой пыли.

Анализ полученных результатов показал, что источники литейных цехов загрязняют санитарно-защитную зону вредными веществами в концентрациях, превышающих максимально разовые предельно допустимые концентрации (ПДК). Так на границе санитарно-защитной зоны и территории предприятия (вблизи от цеха) наблюдаются превышения ПДК по пыли до 2,7 раз, по группе суммации (фенол, формальдегид) до 1,4 раза, по оксиду углерода – до 1,3 раза. Однако на границе санитарно-защитной и селитебной (жилой) зон отмечено превышение только по пыли до 1,4 раза.

Расчеты рассеивания вредных веществ от источников литейных цехов на территории площадки предприятия проводились, исходя из положения, что содержание вредных веществ в подаваемом в помещения цехов свежем воздухе не должно превышать 0,3 ПДК для рабочих мест. Проведенные расчеты показали, что концентрации выбрасываемых вредных веществ у корпусов литейных цехов превышают 0,3 ПДК. По пыли отмечаются превышения до 3,6 раза, по группе суммации – до 1,2 раза, по оксиду углерода – превышения не наблюдалось. Существенное отличие отмечается в концентрациях пыли, что объясняется различием в высоте источников выброса вредных веществ (в основном плавильных агрегатов). Данный факт необходимо учитывать при организации приточной

вентиляции, так как свежий воздух забирается как правило непосредственно у корпусов цехов. Поэтому в приточной части вентиляции следует предусматривать системы очистки подаваемого воздуха от вредных веществ, особенно от пыли.

Исследование эффективности пылегазоулавливающих установок в литейных цехах свидетельствует о том, что степень очистки для большинства из них составляет 63–77 % (в системах очистки от дуговых сталеплавильных печей примерно 90-94 %). Низкая эффективность применяемых систем очистки объясняется их неудовлетворительным эксплуатационным состоянием - накоплением в воздуховодах пыли из-за низких скоростей движения воздуха, негерметричностью воздуховодов.

Таким образом, результаты расчетов рассеивания выбросов вредных веществ в атмосфере подтвердили вывод о влиянии выбрасываемых вредных веществ на здоровье людей, проживающих в близрасположенных районах. Причем, по данным санитарно-эпидемиологических служб заболеваемость жителей промышленных районов выше.

На основании изучения выбросов вредных веществ в атмосферу установлено, что наибольшее количество выбросов приходится на оксид углерода и пыль. При этом основная их масса приходится на источники плавильно-заливочных, термообрубных и выбивных участков. Основными источниками выделения пыли являются плавильные агрегаты, выбивное, смесеприготовительное и очистное оборудование; оксида углерода и диоксидов азота – плавильные агрегаты, сушильные и термические печи; фенола, формальдегида, фурфурола и др. – оборудование стержневого участка, залитые формы.

Для оценки экологичности литейного оборудования (без учета систем очистки), которое является источниками выделения вредных веществ, и литейных цехов в целом был введен относительный показатель, который назвали индексом загрязнения окружающей среды $K_{ЗОС}$. Расчетное уравнение для определения $K_{ЗОС}$ имеет следующий вид:

$$K_{ЗОС} = \frac{1}{m \cdot p} \sum_{\gamma=1}^{p} \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} \frac{C_{ФВВi}}{C_{НВВi}} \cdot K_{Пi} \cdot K_{\tau i},$$

где $C_{ФВВi}$ и $C_{НВВi}$ – фактическое и нормативное значение концентраций выбрасываемых в атмосферу i-го вредного вещества; n – количество выбрасываемых в атмосферу вредных веществ; m – количество источников выброса на j-ом участке литейного цеха; p – количество участков в γ-ом литейном цехе; $K_{Пi}$ – поправочный коэффициент влияния i-го вредного вещества на организм человека; $K_{\tau i}$ – коэффициент, учитывающий время действия источника выброса, в долях рабочей смены.

Для получения объективной оценки экологичности литейных цехов с помощью $K_{ЗОС}$ необходимо осуществлять определение индекса загрязнения окружающей среды по каждому ингредиенту от всех источников выброса и затем вычислять средние значения из расчета на один условный источник выброса. Это позволит учесть влияние применяемых технологических процессов и оборудования, характер производства и другие особенности конкретного цеха на загрязнение окружающей среды, а также определить $K_{ЗОС}$ каждого отдельно взятого источника, т.е. его экологичность.

Рассчитанный таким образом $K_{ЗОС}$ позволяет сравнивать различные литейные цеха в целом или отдельные типы литейного оборудования по загрязнению окружающей среды, однако не дает возможности оценить экологичность отдельно взятого цеха. Поэтому были установлены 3 класса литейных цехов по масштабам загрязнения окружающей среды:

1 класс – литейные цеха, минимально загрязняющие окружающую среду. Содержание выбрасываемых вредных веществ не превышает допустимых концентраций. $K_{ЗОС} = 0 \div 1 \cdot n$, где n – количество выбрасываемых веществ;

2 класс – литейные цеха, загрязняющие окружающую среду в концентрациях, превышающих допустимые значения (отношение $C_Ф / C_Н = 1 \div 2$), $K_{ЗОС} = 1 \cdot n \div 2 \cdot n$;

3 класс – литейные цеха, значительно загрязняющие окружающую среду ($C_Ф / C_Н$ более 2), $K_{ЗОС}$ более $2 \cdot n$.

Для проверки возможностей разработанной методики были определены значения $K_{ЗОС}$ источниками участков литейных цехов с разным характером производства. Анализ полученных результатов и сравнение их с распределением выбросов вредных веществ по участкам литейных цехов показали, что оценка загрязнения окружающей среды по значениям $K_{ЗОС}$ наиболее достоверна, так как учитываются не только объема выбрасываемых вредных веществ, но также и влияние каждого вещества на человека.

Также оценку и сравнение литейных цехов удобнее осуществлять по значениям индекса загрязнения окружающей среды, т.к. от источников литейных цехов одновременно выбрасываются до 5–10 вредных веществ и сопоставление различных источников, участков, цехов по такому количеству значений концентраций затруднительно.

Использование комплексной методики оценки загрязнения окружающей среды позволяет сравнивать и применяемые технологические процессы и литейное оборудование. Так изучение значений $K_{ЗОС}$ по отдельным литейным цехам показало, что на плавильных участках наибольшие величины индекса загрязнения окружающей среды имеют место при плавке металла только в вагранках ($K_{ЗОС}$ более 140), при использовании вагранок и дуговых печей $K_{ЗОС}$ = 80–140, только дуговых печей $K_{ЗОС}$ = 20–50, а индукционных печей $K_{ЗОС}$ = 5–15. На стержневых участках наибольшие значения $K_{ЗОС}$ отмечаются при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке ($K_{ЗОС}$ = 23,14), в то время как при изготовлении стержней из холодно твердеющих смесей $K_{ЗОС}$ = 3–7.

4. Заключение.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать следующие рекомендации проектировщикам литейных цехов, направленные на достижение экологического равновесия в рассматриваемой системе и уменьшение влияния выбросов вредных веществ на человека. Причем эту проблему необходимо решать только проведением комплекса мероприятий как по улучшению условий труда работающих в литейных цехах, так и уменьшению загрязнения окружающей среды. Основными из этих мероприятий являются:

– использование экологически более чистых технологических процессов изготовления отливок, таких как изготовление стержней и форм из холоднотвердеющих и жидкостекольных смесей, по Ашланд-процессу, Бетасет-процессу, SO_2-эпокси-процессу и др.;

– применение более экологичных моделей литейного оборудования, таких как прессовые и импульсные формовочные автоматы, установки приготовления жидкостекольных и холоднотвердеющих смесей, индукционные печи и дуговые постоянного тока и др.;

– использование для термообработки отливок печей с электрическим нагревом вместо газового;

– применение высокоэффективных систем локализации и нейтрализации выбросов вредных веществ, предусматриваемых при разработке литейного оборудования;

– рациональное размещение предприятий с литейными цехами, как правило, вне городской черты и с соблюдением размеров санитарно-защитной зоны;

– обязательное проведение экологической экспертизы проектов новых и реконструируемых литейных цехов с использованием разработанной системы комплексной экологической оценки и рассмотрением нескольких вариантов технологических решений.

Список литература

1. Глиняная Н.М. Охрана окружающей среды от выбросов литейного производства: методические указания для студентов специальностей литейное производство и организация литейного производства. – Краматорск, ДГМА, 2012. – 60 с.

2. Безопасность производственных процессов: справочник / С.В. Белов и др., под общ. ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.

3. Сперанский Б.С. Охрана окружающей среды в литейном производстве / Б.С. Сперанский, Б.Ф. Туманский. – Киев, Донецк: Вища шк. Головное издательство, 1985. – 80 с.

4. Инженерная экология литейного производства / под общ. ред. А.Н. Болдина. – М.: Машиностроение, 2010. – 352 с.

5. Лазаренков А.М. Оценка выбросов вредных веществ от источников литейных цехов в окружающей среде / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева // Литье и металлургия. – Минск, 2012, № 3 (67) – С. 74-75.

6. Лазаренков А.М. Рассеивание выбросов вредных веществ от источников литейных цехов в окружающей среде / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – Минск, 2012, № 3 (67) – С. 76-78.

7. Лазаренков А.М., Хорева С.А. Источники и масштабы загрязнения окружающей среды выбросами вредных веществ литейных цехов // Труды 23-й Междунар. науч.-техн. конф. «Литейное производство и металлургия 2015, Беларусь». Жлобин, 21-22 октября 2015. С. 95-96.

8. Лазаренков А.М. О масштабах загрязнения окружающей среды выбросами литейного производства / А.М. Лазаренков // Литейное производство. – Москва, 2020, № 7 – С. 31-34.

9. A.M. Lazarenkov, & Sh.M. Narziev. (2025). Working Conditions Of Employees In Electroplating Shops. Stanford Database Library of American Journal of Applied Science and Technology, 5(12), 83–88. Retrieved from https://oscarpubhouse.com/index.php/sdlajast/article/view/218

10. Lazarenkov, A., et al. "Impact of Production Environment and Labor Process Factors on the Body of Foundry Workers." Science and innovation 3.A4 (2024): 285-292.