



The investigation of sources of environmental pollution with pollutant emissions is carried out. The investigations were carried out on all kinds of pollutant emissions taking into account the applied technological processes.

А. М. ЛАЗАРЕНКОВ, С. А. ХОРЕВА, БНТУ

УДК 621.74:628.517

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ И МАСШТАБОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВЫБРОСАМИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

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

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 в близкорасположенных

жилых массивах и на 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.

Эти исследования проводили по всем выбрасываемым вредным веществам с учетом применяемых технологических процессов, используемого оборудования и характера производства. В табл. 1 приведено распределение выбросов вредных веществ в атмосферу по участкам литейных цехов.

Таблица 1. Распределение выбросов вредных веществ в атмосферу по участкам литейных цехов

Характер производства литейного цеха	Валовые выбросы вредных веществ по участкам литейных цехов, %						
	шихтовый	плавильно-заливочный	смесеприготовительный	стержневой	формовочный	выбивной	термообрубной
	Пыль						
Массовый	5,16	35,31	10,64	8,12	6,83	11,34	22,60
Серийный	3,96	49,04	8,78	4,99	5,88	8,97	18,38
Мелкосерийный	2,28	64,21	4,83	2,18	3,52	6,79	16,19
	Оксид углерода						
Массовый	3,78	56,50	1,06	2,38	0,86	5,60	29,82
Серийный	2,92	78,01	1,26	1,69	1,24	4,59	10,29
Мелкосерийный	0,87	85,07	1,52	0,89	1,48	3,45	6,78
	Диоксид азота						
Массовый	1,26	68,23	0,63	8,46	3,65	3,38	14,39
Серийный	0,72	76,16	0,46	6,12	4,98	2,53	9,03
Мелкосерийный	0,29	83,52	0,18	3,96	5,39	2,34	4,32
	Фенол + Формальдегид						
Массовый		3,48	1,20	92,80	0,48	1,98	
Серийный		4,07	1,93	90,21	0,53	3,26	
Мелкосерийный		5,44	3,84	84,73	0,91	5,08	

Из таблицы видно, что основными источниками пыли в литейных цехах являются плавильно-

заливочные (в среднем 49,5%), обрубочно-очистные (19%), смесеприготовительные (8,1%) и вы-

бивные (9%) участки. При этом значительные количества выбрасываемой пыли отмечаются в плавильно-заливочных отделениях литейных цехов мелкосерийного производства (около 65%), где в качестве плавильных агрегатов применяются вагранки открытого типа. Совершенно иная картина имеет место в цехах массового производства (около 35%), где плавильные агрегаты (вагранки, электродуговые печи) снабжены эффективными системами очистки.

Основными источниками пыли в цехах массового производства являются обрубочно-очистные отделения, которые выбрасывают в атмосферу $\frac{1}{4}$ часть всей пыли при высоком коэффициенте загрузки очистного оборудования. Аналогичное положение отмечается и в смесеприготовительных отделениях этих цехов (около 11%), где осуществляются подготовка формовочных материалов и приготовление смесей. Причем значительная запыленность воздуха рабочих мест указанных выше участков приводит к неорганизованному удалению пыли через светоаэрационные фонари (около 12% пыли участков).

Часто в литейных цехах массового производства на шихтовых дворах организуются участки пескоглиноподготовки, источники которого выбрасывают основную массу пыли (печи сушки песка, узлы пересыпки, печи сушки глины составляют около 80% пыли отделения).

Основным источником выброса оксида углерода в литейных цехах являются вагранки, на которые приходится более 90% выбросов плавильно-заливочных отделений. Причем на долю этих отделений приходится около 73% выбросов оксида углерода от всех источников литейных цехов. При этом характер производства литейного цеха влияния практически не оказывает, значение имеет только тип используемых плавильных агрегатов. Так, применение электроплавильных печей в сталелитейном цехе массового производства снизило долю выбрасываемого отделением оксида углерода до 20%. Основная масса выброса оксида углерода приходится на заливочные конвейеры и охлаждающие кожуха (около 50%), а также на выбросы через светоаэрационные фонари (около 30%).

В цехах массового производства от газовых печей отжига термообрубного отделения выбрасывается около 30% оксида углерода.

Таблица 2. Распределение выбросов вредных веществ в атмосферу по литейным цехам с различным характером производства

Вредные вещества	Валовые выбросы, %, от цехов с характером производства		
	массовым	серийным	мелкосерийным
Пыль	10,58	8,44	6,23
Оксид углерода	79,43	84,06	90,20
Диоксид азота	0,92	0,64	0,51
Диоксид серы	0,78	1,39	1,58
Фенол, формальдегид, фурфурол, аммиак, метанол	0,83	0,69	0,27
Толуол, бутанол и др.	7,46	4,78	1,21

Источниками выброса диоксидов азота и серы в литейных цехах являются плавильные агрегаты, заливочные конвейеры и охлаждающие кожуха. На долю плавильно-заливочных отделений приходится в среднем около 76% выбрасываемых в атмосферу диоксида азота и более 95% диоксида серы.

Высокий процент (около 8%) выброса диоксидов азота приходится на стержневые участки цехов массового и серийного производства, где используются стержневые автоматы с газовым нагревом оснастки.

Выбросы фенола, формальдегида, фурфурола, фурилового и метилового спирта и других веществ приходятся в основном на стержневой участок (около 90%). Основными источниками выбросов являются стержневые автоматы по нагреваемой оснастке. Небольшие количества этих веществ отмечаются в выбросах заливочных, выбивных и смесеприготовительных участков, что также необходимо иметь ввиду при разработке мероприятий по снижению выбросов этих веществ.

Кроме рассмотренных выше вредных веществ, в выбросах отдельных участков литейных цехов отмечены и другие вещества. Так, в выбросах плавильного отделения сталелитейного цеха от электродуговых печей наблюдались цианиды и их соединения, а также фтористые соединения. На участках окраски термообрубных отделений литейных цехов массового производства выбрасывается в атмосферу значительное количество таких веществ, как этанол, бутанол, толуол, бутилацетат. Источники этих веществ – окрасочные и сушильные камеры.

Оценка долевого участия литейных цехов в загрязнении атмосферы показала, что они составляют по пыли около 85%, оксиду углерода – около 65, диоксиду азота – около 75, диоксиду серы – около 90, фенолу, формальдегиду, фурфуролу и др. – около 95%.

В табл. 2 приведено распределение выбросов литейных цехов с разным характером производства по вредным веществам. Анализ полученных результатов показывает, что в литейных цехах с увеличением уровня механизации и автоматизации доля в выбросах пыли, азота диоксида, фенола, формальдегида возрастает.

Таким образом, от источников литейных цехов в окружающую среду выбрасывается значительное количество вредных веществ. Степень улавливания вредных веществ очистными установками не достаточна, да и не всегда они используются. Кроме того, следует отметить, что в основном очистное оборудование применяется для очистки выбрасываемых газов от пыли. Имеются примеры использования эффективных установок. В частности, применение очистных сооружений на базе рукавных фильтров для очистки от пыли отходящих газов от дуговых электроплавильных печей сталелитейного цеха массового производства, где годовое снижение по выбросу пыли составило около 700 т.

Однако с улавливанием и обезвреживанием газовых выбросов положение весьма сложное. Кроме дожигания газов, в основном оксида углерода, в вагранках практически больше ничего не используется.

Таким образом, на основании экспериментальных данных сделан вывод о том, что источники выброса вредных веществ литейных цехов оказывают значительное влияние на загрязнение окружающей среды, степень которого в основном определяется выбросами плавно-заливочных, термообрубных, выбивных и стержневых участков. При этом масштабы загрязнения зависят в значительной степени от используемого плавильного агрегата, технологического процесса изготовления стержней и термообработки литья, а также от 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. Для того чтобы концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферы не превышала предельно допустимую максимальную разовую концентрацию, пылегазовые выбросы подвергаются рассеиванию в атмосфере.

Распространение в атмосфере выбрасываемых из труб 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.

Для литейных цехов, выбранных в качестве объектов исследования, были выполнены (по данным инвентаризации вентиляционных выбросов) расчеты рассеивания вредных веществ вблизи расположенных жилых районов, а также на территории предприятия по оценке чистоты воздуха, забираемого в системы приточной вентиляции.

Расчеты, выполненные с использованием действующих программ, 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 проводили без учета фоновых концентраций вредных веществ в районе предприятий, т.е. уровни загрязнения атмосферы получены только от источников литейных цехов.

На рис. 1 приведена карта рассеивания вредных веществ для вблизи расположенных жилых районов, которые дали превышения предельно допустимых концентраций, от источников исследуемых литейных цехов.

Из рисунка видно, что источники литейных цехов загрязняют санитарно-защитную зону вредными веществами в концентрациях, превышающих максимально разовые ПДК. Так, на границе санитарно-защитной зоны и территории предприятия (вблизи от цеха) наблюдаются превышения ПДК по пыли до 5,5 раз, по группе суммации — до 2 раз, по оксиду углерода — до 1,5 раз. Однако на границе санитарно-защитной и жилой зон отмечено превышение только по пыли до 2 раз.

При рассеивании выбросов вредных веществ литейных цехов массового производства, в которых в качестве плавильных агрегатов используются вагранки, создается несколько иная картина. Например, на границе санитарно-защитной зоны с

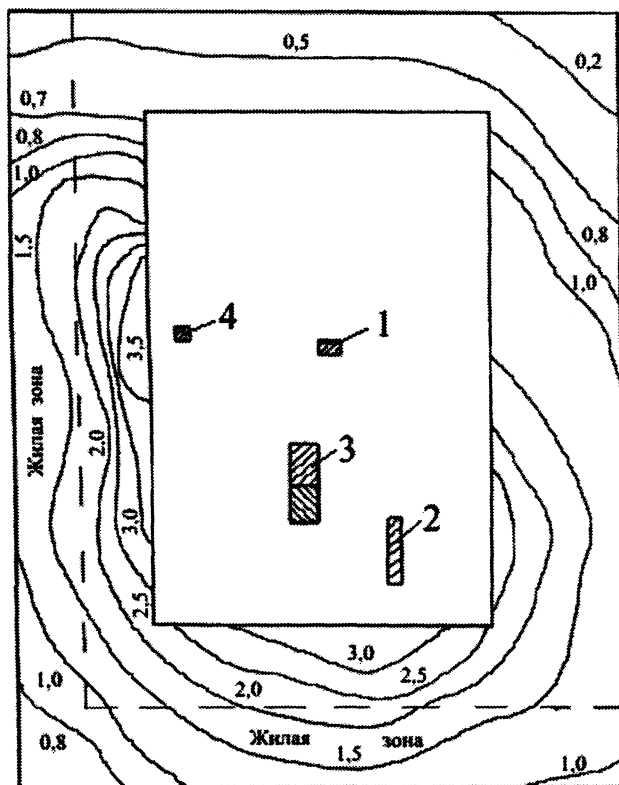


Рис. 1. Карта рассеивания веществ группы суммации от источников литейных цехов: 1, 2, 4 — сталелитейные цеха; 3 — чугунолитейный цех; — — санитарно-защитная зона

территорией завода отмечены превышения по пыли до 2 раз, по группе суммации — до 3,5 раз, по оксиду углерода — до 1,2 раза, по фенолу — до 2,5 раз. На границе с селитебной зоной имеют место превышения ПДК только по группе суммации (до 1,8 раза) и фенолу (до 1,3 раза). Меньшие концентрации пыли и оксида углерода объясняются рассеиванием этих веществ в атмосфере за счет более высоких источников выброса (вагранки). Возрастающие по группе суммации и фенолу происходит за счет источников мощного стержневого отделения цеха, где используются смеси на основе фенолформальдегидных смол, а система улавливания и нейтрализации отходящих газов не предусмотрена.

Результаты расчета рассеивания вредных веществ в приземном слое санитарно-защитной зоны от источников литейных цехов серийного производства свидетельствуют о том, что имеют место превышения максимально разовых ПДК только по группе суммации (в 1,1–1,3 раза) и пыли (в 1,2–1,4 раза). В селитебной зоне наблюдаются превышения ПДК только по группе суммации в 1,2 раза. При этом следует отметить, что такое положение определяется применяемыми плавильными агрегатами (вагранки открытого типа в цехе мелкого литья) и стержневыми смесями на основе фенольных связующих (цех мелкого литья).

Аналогичное положение с загрязнением окружающей среды отмечается и при расчете рассеивания вредных веществ от источников литейного цеха мелкосерийного производства.

Замечено, что от источников литейных цехов серийного и мелкосерийного производства небольшой производительности (до 15 тыс.т/год) превышения ПДК наблюдаются только в санитарно-защитной зоне. И если при расположении жилых массивов вокруг этих предприятий соблюдаются размеры санитарно-защитных зон, то в селитебной зоне не отмечается концентраций вредных веществ, превышающих максимально разовые ПДК.

Однако на крупных предприятиях имеется, как правило, несколько литейных цехов. В частности, на одном из рассматриваемых заводов находится пять таких цехов (сталелитейные, чугунолитейные). Поэтому интерес представляло рассмотреть суммарное влияние этих цехов на загрязнение окружающей среды. Карта рассеивания выбросов вредных веществ группы суммации (оксид углерода + диоксид азота + ангидрид сернистый + фенол) от источников всех литейных цехов с общим выпуском 120 тыс. т литья в год показана на рис. 1. Анализ показывает, что в санитарно-защитной зоне наблюдаются превышения максимально разовых ПДК по всем выбрасываемым веществам, а в селитебной зоне только по пыли — до 2 раз, по группе суммации — до 1,5 раз, по фенолу — до 1,2 раза. При изучении результатов расчетов рассеивания выбросов вредных веществ в атмосфере отмечено то, что в ряде случаев проектировщиками микрорайонов

не соблюдаются нормативные положения и жилые зоны располагаются в санитарно-защитных зонах. Поэтому в жилых зонах возле практически всех рассматриваемых предприятий отмечены превышения ПДК по ряду выбрасываемых веществ. И если в одних случаях такая ситуация сложилась за несколько десятилетий в основном за счет расширения производства, то в других — это грубые просчеты (а то и прямое игнорирование нормативных документов) проектировщиков.

Расчеты рассеивания вредных веществ от источников литейных цехов на территории площадки предприятия проводили, исходя из положения, что содержание вредных веществ в подаваемом в помещения цехов свежем воздухе не должно превышать 0,3 ПДК для рабочих мест.

Результаты проведенных расчетов для литейных цехов с массовым характером производства показали, что концентрации выбрасываемых вредных веществ у корпусов литейных цехов превышают 0,3 ПДК. Например, по пыли отмечаются превышения от 2 до 8 раз, по группе суммации — от 1,5 до 3,5 раз, по оксиду углерода — до 2 раз, по фенолу — до 1,5 раз. Существенное отличие отмечается в концентрациях пыли, что объясняется различием в высоте источников выброса вредных веществ (в основном плавильные агрегаты).

При рассмотрении рассеивания вредных веществ по площадке предприятия от группы литейных цехов видно, что картина еще более усугубляется, так как выбросы каждого цеха суммируются (рис. 2).

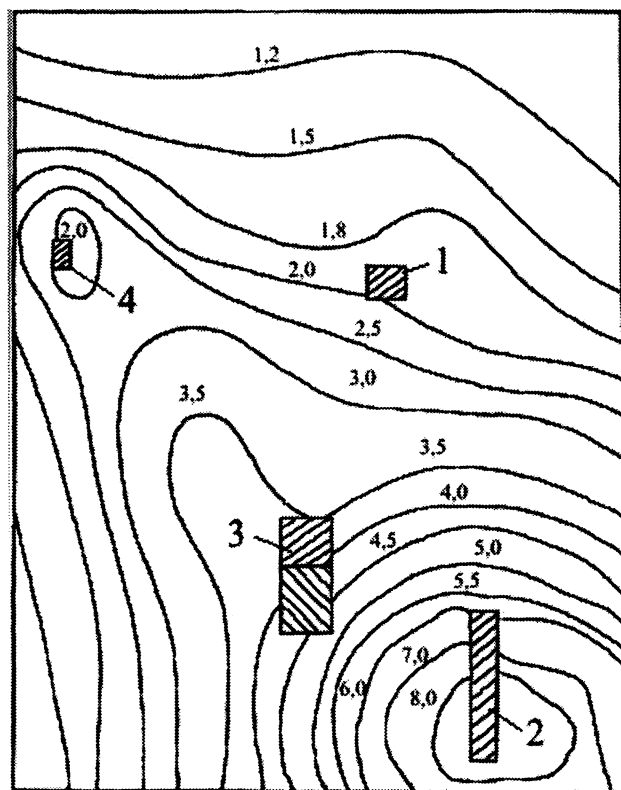


Рис. 2. Карта рассеивания пыли на территории предприятия от источников литейных цехов: 1, 2, 4 — сталелитейные цеха; 3 — чугунолитейный цех; — санитарно-защитная зона

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. И это необходимо осуществлять до тех пор, пока не будут значительно снижены выбросы вредных веществ от источников литейных цехов в окружающую среду.

Исследование эффективности пылегазоулавливающих установок в литейных цехах свидетельствует о том, что степень очистки для большинства из них составляет 60–85%. Такая низкая эффективность применяемых циклонов объясняется их неудовлетворительным эксплуатационным состоянием – накоплением в воздуховодах пыли из-за низких скоростей движения воздуха в них, негерметичности воздухопроводов. Не во всех цехах применяются двухступенчатая и мокрая система очистки. Не все вагранки оборудованы системой дожига отходящих газов.

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 20–30%.

На основании изучения выбросов вредных веществ в атмосферу нами установлено, что наибольшее количество выбросов приходится на оксид углерода и пыль. При этом основная их масса приходится на источники плавления-заливочных, термообрубных и выбивных участков. Установлено, что основными источниками выделения пыли являются плавильные агрегаты, выбивное, смесеприготовительное и очистное оборудование. Плавильные агрегаты, сушильные и термические печи выделяют оксид углерода, диоксид азота и серу, оборудование стержневого участка, залитые формы – фенол, формальдегид, фурфурол и др. Оценка долевого участия литейных цехов в загрязнении окружающей среды машиностроительными предприятиями показала, что они составляют по пыли около 85%, оксиду углерода – около 65, диоксиду азота – около 75, диоксиду серы – около 90, фенолу, формальдегиду и др. – около 95%.

Данные расчетов по рассеиванию выбросов вредных веществ в атмосфере от источников литейных цехов показали, что отмечаются превышения допустимых концентраций в санитарно-защитной зоне по пыли от 2 до 5 раз, по веществам группы суммации – до 2,5 раз, по оксиду углерода – до 1,5 раз, по фенолу – до 1,3 раза, а также на территории предприятий по пыли – до 8 раз, по группе суммации – до 3,5 раз, по оксиду углерода и фенолу – до 2 раз, в результате чего в приточном

воздухе, забираемом непосредственно у корпусов литейных цехов и подаваемом на рабочие места, содержание всех вредных веществ значительно превышает нормативные значения.

Изучение масштабов загрязнения окружающей среды выбросами вредных веществ свидетельствует о значительном влиянии их на окружающую среду и людей, находящихся в ней, а степень воздействия определяется в основном применяемыми технологическими процессами и оборудованием для плавки металла, приготовления исходных формовочных материалов и смесей, выбивки отливок из форм, очистки литья, а также характером производства.

Оценка загрязнения окружающей среды отдельными ингредиентами такова: наибольшее влияние на загрязнение окружающей среды оказывают пыль и оксид углерода.

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_{30C} . Расчетное уравнение для определения K_{30C} имеет следующий вид:

$$K_{30C} = \frac{1}{mp} \sum_{\gamma=1}^p \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{C_{ФВВ_i}}{C_{НВВ_i}} K_{\Pi_i} K_{\tau_i},$$

где $C_{ФВВ_i}$ и $C_{НВВ_i}$ – 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 -м участке литейного цеха; p – количество участков в γ -м литейном цехе; K_{Π_i} – поправочный коэффициент влияния i -го вредного вещества на организм человека; K_{τ_i} – коэффициент, учитывающий время действия источника выброса, в долях рабочей смены.

Для получения объективной оценки экологичности литейных цехов с помощью K_{30C} 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 найти K_{30C} каждого отдельно взятого источника, т.е. его экологичность.

Рассчитанный таким образом K_{30C} 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 нами были установлены три класса литейных цехов по масштабам загрязнения окружающей среды, которые определяются исходя из приведенных ниже значений K_{30C} и интервалов выбрасываемых вредных веществ:

1-й класс – литейные цеха, минимально загрязняющие окружающую среду; содержание выбрасываемых вредных веществ не превышает допустимых концентраций; $K_{30C}=0-1n$, где n – количество выбрасываемых веществ;

2-й класс – литейные цеха, загрязняющие окружающую среду в концентрациях, превышающих допустимые значения (отношение $C_{\phi}/C_H = 1-2$), $K_{30C}=1n-2n$;

3-й класс – литейные цеха, значительно загрязняющие окружающую среду ($C_{\phi}/C_H > 2$), $K_{30C} > 2n$.

Для проверки возможностей разработанной методики были определены значения K_{30C} источниками участков литейных цехов с разным характером производства (табл. 3).

Таблица 3. Значения индекса загрязнения окружающей среды для источников участков литейных цехов с различным характером производства

Участок цеха	Значения K_{30C} по цехам с характером производства		
	массовым	серийным	мелкосерийным
Шихтовый	18,97	13,48	8,6
Плавильно-заливочный	97,43	124,08	154,18
Смесеприготовительный	18,72	12,81	6,92
Стержневой	23,14	5,87	4,98
Формовочный	6,23	4,94	2,88
Выбивной	39,10	27,09	15,48
Обрубочно-очистной	63,27	38,93	24,36
Среднее значение K_{30C} по цеху	38,12	32,46	31,09

Анализ полученных результатов и сравнение их с распределением выбросов вредных веществ по участкам литейных цехов (см. табл. 1) показали, что оценка загрязнения окружающей среды по значениям K_{30C} наиболее достоверна, так как учитываются не только объем выбрасываемых вредных веществ, но также и влияние каждого вещества на человека.

Кроме того, оценку и сравнение литейных цехов удобнее осуществлять по значениям индекса загрязнения окружающей среды, так как 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_{30C} по отдельным литейным цехам

показало, что на плавильных участках наибольшие величины индекса загрязнения окружающей среды имеют место при плавке металла только в вагранках ($K_{30C} > 140$), при использовании вагранок и дуговых печей $K_{30C}=80-140$, только дуговых печей $K_{30C}=20-50$, а индукционных печей $K_{30C}=5-15$.

На стержневых участках наибольшие значения K_{30C} отмечаются при изготовлении стержней по нагреваемой оснастке ($K_{30C}=23,14$), в то время как при изготовлении стержней из холоднотвердеющих смесей $K_{30C}=3-7$.

Аналогичное распределение отмечалось и при анализе экспериментальных данных по выбросам вредных веществ от источников различных участков литейных цехов, что также подтверждает возможность оценки загрязнения окружающей среды по разработанной методике.

Также была проведена оценка загрязнения окружающей среды отдельными ингредиентами. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4. Значения индекса загрязнения окружающей среды по выбросам вредных веществ литейными цехами с различным характером производства

Вредное вещество	Значения K_{30C} по цехам с характером производства			
	массовым	серийным	мелкосерийным	среднее
Пыль	23,98	19,82	13,37	19,06
Оксид углерода	13,07	12,46	7,93	11,15
Оксиды азота	0,94	0,86	0,48	0,76
Ангидрид сернистый	0,36	0,55	0,61	0,51
Фенол, формальдегид	1,27	0,63	0,12	0,67
Толуол, бутанол и др.	0,84	0,68	0,29	0,60

Из таблицы видно, что наибольшее влияние на загрязнение окружающей среды оказывают пыль и оксид углерода. Причем литейные цеха

массового производства имеют наибольшие значения K_{30C} по большинству вредных веществ. И это несмотря на то что на плавильных участках цехов

массового производства используются как вагранки, так и электродуговые печи, масштабы выбросов вредных веществ от которых значительно меньше, особенно по оксиду углерода. Однако применение газовых печей отжига на термообработке участков приводит к существенному возрастанию K_{30C} по оксиду углерода в цехах массового производства.

На основании полученных результатов исследований выбросов вредных веществ от источников литейных цехов была разработана классификация литейного оборудования по экологичности, в основу которой положены значения K_{30C} .

Исходя из изложенного выше, 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 от-

ливок, таких, как изготовление стержней и форм из холоднотвердеющих смесей, жидкостекольных смесей, по Ашланд-, Бетасет-, SO_2 -эпокси-процессам 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 печи постоянного тока и др.;

- использование для термообработки отливок печей с электронагревом 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.