



*Possibility of forecasting of the harmful substances content in air of working zones of different areas of casting houses is shown.*

А. М. ЛАЗАРЕНКОВ, С. А. ХОРЕВА, В. В. МЕЛЬНИЧЕНКО, БНТУ

УДК 621.74:628.517

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧИХ ЗОН УЧАСТКОВ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Основные выделения вредных веществ в литейных цехах отмечаются на стержневых, заливочных и выбивных участках, на которых источниками являются стержневые автоматы с нагреваемой оснасткой, установки холоднотвердеющих смесей, заливаемые формы и устройства выбивки отливок из форм. При разработке оборудования для указанных процессов предусматривается оснащение его устройствами по улавливанию и удалению вредных выделений, чтобы не наблюдалось попадания газов в воздух рабочей зоны. Таким образом, в проектируемых или реконструируемых литейных цехах, оснащаемых современным оборудованием, не требуется прогнозирования содержания вредных веществ на рабочих местах участков.

Однако для действующих производств, где используется устаревшее литейное оборудование и не предусматривается его замена современным, оценку ожидаемой загазованности воздуха рабочих зон участков литейных цехов необходимо осуществлять. Тем более, это следует делать, чтобы показать в ряде случаев ошибочность решений проектантов, не заменяющих в реконструируемых цехах устаревшее оборудование на современное, имеющее устройства для улавливания и удаления вредных газов. Также это позволяет получить объективные данные по содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны, необходимые для расчета систем приточно-вытяжной вентиляции участков литейных цехов.

Для определения прогнозируемых концентраций газов в воздухе участков литейных цехов использовали стандартные уравнения газовой динамики [1–3], но при этом ограничились рассмотрением газовых смесей только с двумя компонентами, одним из этих компонентов является вредное вещество, входящее в состав выделяющейся газовой смеси, а другим – воздух помещения участка.

Диффузионный поток вещества возникает в результате наличия в смеси градиентов концентрации  $C$  и температуры  $T$ .

Поскольку уравнения чистой диффузии и чистой теплопроводности имеют одинаковый вид, то и решения у них подобны. Поэтому если рассматривать случай диффузии от источника газа в воздух, то вблизи его поверхности быстро устанавливается равновесие

$$\frac{dC}{dt} = D\Delta C, \quad (1)$$

при котором концентрация в области, примыкающей к источнику, равна концентрации выброса  $C_0$ .

Используя при решении метод разложения функции  $C$  интеграл Фурье [4, 5], получаем уравнение для определения концентрации газа в воздухе на расстоянии  $r$  от источника через промежуток времени  $t$ :

$$C_{(r,t)} = \frac{M}{8\rho_v(\pi Dt)^{3/2}} e^{-r^2/4Dt}, \quad (2)$$

где  $M$  – количество выделенного вредного вещества, которое может быть определено как  $M = C_0V$ , где  $V$  – объем вредного вещества;  $\rho_v$  – плотность воздуха при температуре  $T$ , кг/м<sup>3</sup>;  $D$  – коэффициент диффузии вредного вещества в воздух при температуре  $T$ , м<sup>2</sup>/с.

Величина  $C_{(r,t)}$ , рассчитанная по уравнению (2), получается безразмерной. Поэтому, для того чтобы  $C_{(r,t)}$  выражало концентрацию вещества в мг/м<sup>3</sup>, необходимо полученное значение умножить на  $10^6\rho_r$ .

Влияние температуры на диффузионный поток учитывается при определении значений плотностей воздуха и вредного вещества.

Тогда окончательно уравнение (2) принимает вид

$$C_{(r,t)} = \frac{10^6 C_0 V \rho_r}{8 \rho_v (\pi D t)^{3/2}} e^{-r^2/4Dt}. \quad (3)$$

Значения плотностей образующихся вредных веществ  $\rho_r$ , плотности воздуха  $\rho_v$  и коэффициент диффузии вредных веществ в воздух  $D$  в зависимости от их температуры принимали согласно данным, приведенным в работах [6–11].

Используя данные по содержанию вредных веществ в воздухе рабочих зон, полученные с использованием уравнения (3), проектировщики могут проводить расчет систем местной вытяжной вентиляции, которые позволят обеспечить допустимые значения концентраций вредных веществ на рабочих местах стерженщиков, заливщиков и выбивальщиков.

Результаты проведенных исследований содержания разных вредных веществ в воздухе рабочих зон участков литейных цехов с различным характером производства показывают, что в воздушной среде фиксируются оксид углерода, оксиды азота, фенол, формальдегид, ангидрид сернистый, аммиак и др. Наличие и содержание вредных веществ в воздухе рабочих зон определяется применяемыми технологическими процессами.

Влиянию вредных веществ в литейных цехах подвергаются работающие при подготовке формовочных материалов, приготовлении стержневых смесей, плавке металла, заливке и выбивке форм. На всех участках фиксируется оксид углерода, в одних случаях происходит его выделение при протекании технологических процессов (стержневой, плавильный, заливочный, выбивной, термообрубной участки), в других – за счет миграции с соседних неизолированных друг от друга участков (это объясняется высокой подвижностью воздуха и разными величинами кратностей воздухообмена на различных участках). Поэтому при проектировании литейных цехов необходимо размещать участки с разными выделениями вредных веществ изолированно друг от друга или создавать одинаковые кратности воздухообмена во избежание переноса загазованного воздуха на рядом расположенные участки, где нет выделений вредных веществ.

Наибольшему воздействию вредных веществ подвергаются стерженщики литейных цехов (в основном массового производства), где используются технологические процессы изготовления стержней по нагреваемой оснастке и из холоднотвердеющих смесей. На этих рабочих местах фиксируются превышения предельно допустимых концентраций до 1,5–2,0 раз, однако максимально разовые концен-

трации веществ превышают допустимые до 4–5 раз. Такое положение создается недостаточным отсосом загрязненного воздуха системой вытяжной вентиляции от стержневых ящиков, а также тем, что доотверждение стержней происходит здесь же у рабочих мест.

Значительные газовыделения характерны и на выбивных участках литейных цехов массового и серийного производств. Однако на рабочих местах выбивальщиков, как правило, их содержание незначительно превышает предельно допустимые концентрации, так как выбивные решетки чаще всего расположены в изолированных помещениях, а рабочие места операторов – в изолированных кабинах. И совершенно иная картина наблюдается при выбивке средних и крупных отливок на решетках, установленных на участках.

Существующее положение с загазованностью рабочих мест литейных цехов объясняется несовершенством технологических процессов изготовления отливок в песчаных формах с использованием смесей на органических связующих, недостаточной эффективностью работы систем вытяжной вентиляции, несовершенством технологического оборудования (отсутствие укрытий и встроенных местных отсосов или неэффективностью их работы).

Анализ результатов проведенных исследований говорит о локальности источников газовыделений оборудования или отдельных операций технологических процессов. Поэтому для сведения до минимума выделений вредных веществ в рабочую зону необходимо при проектировании литейного оборудования оснащать его устройствами по локализации газовыделений, что было подтверждено и расчетами концентраций вредных веществ на рабочем месте заливщика форм на плацу, где не имеется местной вытяжной вентиляции (цех мелкосерийного и единичного производства). На данном рабочем месте в воздух участка выделяются оксид углерода, фенол, метиловый спирт и бензол. Определение значений коэффициента диффузии вредных веществ в воздух показало, что наибольшее значение имеет коэффициент диффузии оксида углерода, по которому и проводили дальнейший расчет. Определение концентраций оксида углерода осуществляли для рабочего места заливщика (расстояние от источника газовыделений принимали равным 0,8–1,0 м) через разное время от начала заливки. Установлено, что концентрация оксида углерода на рабочем месте превысит допустимую концентрацию через 8 мин и наблюдается ее дальнейшее увеличение. Используя полученные данные, проектировщики могут проводить

расчет систем местной вытяжной вентиляции для обеспечения допустимых значений концентраций вредных веществ на рабочих местах стерженщиков, заливщиков, выбивальщиков.

Таким образом, вредные вещества оказывают влияние на работающих в литейных цехах, степень воздействия которого определяется применяемыми технологическими процессами и оборудованием для приготовления смесей, применяемыми связующими материалами для изготовления стерж-

ней и форм, технологическими процессами и оборудованием для плавки, заливки металла и выбивки форм, уровнем механизации и автоматизации, а также характером производства.

Кроме того, на стадии проектирования литейных участков и цехов при выборе технологических процессов можно определить ожидаемые концентрации вредных веществ на рабочих местах с использованием разработанной методики расчета.

### Литература

1. Л о й ц я н с к и й Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1970.
2. Б р е т ш н а й д е р С. Свойства газов и жидкостей. М.; Л.: Химия, 1966.
3. Б о н д Дж., У о т с о н К., У э л ч Дж. Физическая теория газовой динамики. М.: Мир, 1968.
4. К о ш л я к о в Н. С., Г л и н э р Э. Б., С м и р н о в М. М. Уравнения в частных производных в математической физике. М.: Высш. шк., 1970.
5. Л а н д а у Л. Д., Л и ф ш и ц В. М. Гидродинамика. Т. VI. Теоретическая физика. М.: Наука, 1989.
6. Г о л у б е в И. Ф. Вязкость газов и газовых смесей: Справ. руководство. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1959.
7. Р и д Р., П р а у с н и ц Дж., Ш е р в у д Т. Свойства газов и жидкостей: Справ. пособ. Л.: Химия, 1968.
8. В а р г а ф т и к Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972.
9. Вредные вещества в промышленности: Справ. В 3-х т. Т. 1. Органические вещества / Под ред. Н. В. Лазарева. Л.: Химия, 1976.
10. Вредные вещества в промышленности: Справ. В 3-х т. Т. 3. Неорганические и элементарно-органические вещества / Под ред. Н. В. Лазарева. Л.: Химия, 1977.
11. Теплофизические свойства веществ: Справ. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1956.