

## РАСЧЕТ ГАЗО- И ПАРОВЫДЕЛЕНИЙ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗАКРЫТЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Е.Г.Спиридонов

*Воронежский военный авиационный инженерный институт*

Производственное оборудование и многие технологические процессы и операции сопровождаются значительными паро- и газопоступлениями в окружающую среду. Прежде всего, сюда относится работа двигателей дизельных и внутреннего сгорания; термическая обработка, сварка, гальванизация и травления металлов; многие операции литейного производства; процессы прессования изделий из пластических масс и другое. В настоящее время не представляется возможным дать аналитическое описание многих из названных процессов, поэтому для определения количества вредных поступлений пользуются, как правило, эмпирическими зависимостями.

В результате жизнедеятельности живых организмов и различных производственных процессов в окружающую среду поступают теплота, пыль, пары и газы, которые будем называть технологическими выделениями (ТВ). До определённой величины технологические выделения не опасны для человека. Однако превысив допустимую величину, технологические выделения могут вызвать отравления, привести к летальному исходу. Физиологическое влияние вредных веществ на организм человека зависит от их концентрации (запыленности), характера и времени воздействия, токсичности, кумулятивного действия, а пыли, кроме того, и дисперсности.

Под концентрацией (запыленностью) вредных веществ (пыли) понимается содержание их в единице объема или массе воздуха. Существует несколько способов выражения концентрации: массовая, объемная, в долях, в процентах и др. При санитарной оценке воздуха пользуются объемно-массовой концентрацией: содержанием массы загрязняющего вещества (мг) в 1 м<sup>3</sup> воздуха. Такое выражение концентрации удобно для любого агрегатного состояния вредных веществ: газов, паров, твердых веществ, капельно-жидкого состояния. Различают разовую концентрацию, среднесуточную и среднюю за более длительный промежуток времени. Под разовой концентрацией понимают содержание веществ в воздухе при кратковременном отборе проб (до 20 мин). Наивысшее значение концентрации, полученное при анализе многократно отобранных проб воздуха, называют максимально разовой концентрацией. Концентрации по эффекту действия на организм человека могут быть предельно допустимыми, опасными для жизни и смертельными. При нормировании состояния воздушной среды приняты максимально разовые предельно допустимые концентрации (ПДК). Под ПДК понимается такое количество вредного вещества, которое при ежедневном длительном воздействии на организм человека не вызывает каких-либо патологических изменений в нем или заболеваний, обнаруживаемых современными методами исследования. По характеру воздействия вредные вещества могут быть:

удушающими (окись углерода, синильная кислота);

раздражающими (хлор, хлористый и фтористый водород, сернистый газ, сероводород);

наркотическими (бензин, бензол, сероуглерод, анилин, нитробензол);

отравляющими (фосфор, ртуть, мышьяковые соединения).

Понятие токсичности (вредности, ядовитости) означает меру несовместимости вещества с жизнью или нормальным состоянием здоровья. Токсичность является обратной величиной смертельной дозы или концентрации. Вещества по степени их токсичности согласно [1] разделены на 4 класса:

1-й - вещества чрезвычайно опасные;

2-й - вещества опасные;

3-й - вещества умеренно опасные;

4-й - вещества мало опасные.

Большое значение в оценке опасности вредных веществ с точки зрения возникновения хронических отравлений имеет степень их кумулятивного действия. Кумулятивное действие вещества является результатом многих процессов, таких как всасывание, распределение в организме, химические превращения, накопление в наиболее уязвимых органах и тканях, выделение вещества из организма и многие другие.

Действие пыли на человека кроме ее состава определяется также дисперсностью, характеризующей размеры пылевых частиц. Дисперсность влияет на глубину проникновения пыли в дыхательные пути человека. Высокодисперсная пыль (менее 10 мкм) почти не задерживается слизистой оболочкой верхних дыхательных путей, а, попадая в легкие, вызывает серьезные заболевания.

Сток технологических выделений из помещения может быть естественным - осаждение пыли, конденсация паров, трансмиссионные тепловые потери через ограждения и т.д., и искусственными - технологические отсосы воздуха из помещения, местная вытяжная вентиляция. Остаточные технологические выделения после естественных и искусственно проведённых мероприятий, величина которых превышает ПДК, назовём технологическими вредными выделениями (ТВВ). Одним из эффективных средств борьбы с технологическими вредными выделениями является вентиляция.

Вредные вещества в виде газов и паров могут поступать в воздух помещений через неплотности в оборудовании и трубопроводах, при испарении с открытых поверхностей, и поверхностей, покрытых пленками (окраска изделий), в результате жизнедеятельности живых организмов, при различных технологических операциях.

Поступление вредных веществ в воздух помещения обусловлено истечением их вследствие разности давлений в оборудовании и окружающем пространстве; турбулентным и молекулярным переносом при разности концентраций вредных веществ в оборудовании и помещении; конвективным переносом и испарением с различных поверхностей.

**Газо- и паровыделения из оборудования, находящегося под давлением.** Из оборудования, находящегося под давлением, через неплотности в соединениях, а также вследствие газопроницаемости материалов происходит поступление в окружающую среду вредных веществ. Количество поступающих газов и паров зависит от многих причин, главными из которых являются их физические свойства, разность давления внутри и снаружи аппарата, суммарная площадь неплотностей (степень негерметичности оборудования).

Нормативные требования к оборудованию, находящемуся под давлением, выражаются коэффициентом негерметичности оборудования  $m$ , представляющим собой относительно допустимое падение давления за время  $\tau$ , т.е.

$$m = [1 - p_k T_n / (p_n T_k)] / \tau, \quad (1)$$

где  $p_n, p_k$  - абсолютное давление в начале и в конце испытания;  $T_n, T_k$  - абсолютная температура среды в оборудовании в начале и в конце испытаний.

Если температура в начале и в конце испытаний остается постоянной ( $T_n = T_k$ ), то выражение (1) упрощается:

$$m = (p_n - p_k) / (\tau p_n) = \Delta p / (\tau p_n), \quad (2)$$

где  $\Delta p$  - падение давления в оборудовании за время испытаний.

Значение коэффициента негерметичности для некоторого оборудования приведено в [2].

Расход проникающего из оборудования газа можно получить, используя характеристические уравнения для всего количества газа, находящегося в аппарате:

в начале процесса

$$p_n V = M_n R T_n, \quad (3)$$

по истечении  $\tau$  часов

$$p_k V = M_k R T_k, \quad (4)$$

где  $V$  - объем аппарата;  $M_n, M_k$  - масса газа в аппарате в начале и в конце процесса;  $R$  - газовая постоянная для рабочей среды.

Расход газа  $G$ , вытекающего из оборудования, получим, используя уравнения (3) и (4):

$$G = (M_n - M_k) / \tau = [p_n V / (R T_n) - p_k V / (R T_k)] / \tau, \quad (5)$$

если  $T_n \approx T_k \approx T$ , то формула (5) принимает вид:

$$G = (p_n - p_k) V / (\tau R T) = \Delta p V / (\tau R T). \quad (6)$$

Умножив числитель и знаменатель зависимости (6) на  $p_n$ , получим:

$$G = [\Delta p / (\tau p_n)] \cdot [p_n V / (R T)] \quad (7)$$

Первый множитель в выражении (7) - это коэффициент негерметичности  $m$  [см. формулу (2)], а второй - плотность газа  $p_n$ , при давлении  $p_n$  и температуре  $T$ ; следовательно:

$$G = m p_n V \quad (8)$$

**Газо- и паровыделения из оборудования, находящегося под разрежением.** Вредные и токсичные вещества, находящиеся в оборудовании под небольшим разрежением (до  $10^3$  Па), в результате молекулярной диффузии могут поступать через неплотности в окружающую среду. Такой процесс, представляющий собой перенос вещества навстречу потоку воздуха, особенно сильно проявляется, когда концентрация вредных веществ в оборудовании на четыре-пять порядков превышает предельно допустимую концентрацию. При разрежении в оборудовании больше 1000 Па оно рассматривается как вакуумное, и к его герметизации предъявляются повышенные требования.

Рассмотрим процесс молекулярной диффузии через щели каналов шириной  $b$  и общей площадью  $F_0$ . Обозначим среднюю скорость просасывающегося в оборудование воздуха через  $v$ . Можно предположить, что ввиду значительных концентраций вредных веществ в оборудовании  $c_0$ , концентрация диффундирующего вещества через щель  $c_b$  будет превышать предельно допустимую концентрацию  $c_{плдк}$  в воздухе помещения, т.е.  $c_b \gg c_{плдк}$ . Тогда для определения величины  $c_b$  можно воспользоваться зависимостью по определению концентрации примесей, распространяющихся навстречу потока воздуха [3], и расход вредных веществ из оборудования, находящегося под разрежением, и  $G$  определять по формуле

$$G = F_0 v c_0 \exp(-vb/D), \quad (9)$$

где  $D$  - коэффициент диффузии.

Коэффициент диффузии пара или газа в воздухе при температуре  $T$ , барометрическом давлении  $p_0$  равен

$$D = D_0 (T/273)^2 101,3 \cdot 10^3 / p_0$$

где  $D_0$  - коэффициент диффузии при давлении  $101,3 \cdot 10^3$  Па и температуре  $20^\circ\text{C}$  (табл.1).

Таблица 1

**Коэффициент диффузии  $D_0$**

Система	$D_0, \text{м}^2/\text{с}$
Воздух – водяной пар	$0,0209 \cdot 10^{-3}$
Воздух – пары аммиака	$0,0198 \cdot 10^{-3}$
Воздух – пары цианистого водорода	$0,0172 \cdot 10^{-3}$
Воздух – пары спирта	$0,0100 \cdot 10^{-3}$
Воздух – пары эфира	$0,0077 \cdot 10^{-3}$
Воздух – пары бензола	$0,0075 \cdot 10^{-3}$