

УДК

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ГАЗООБРАЗНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ
ПРИ ИСПАРЕНИИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Доктор техн. наук М. Жараспаев
Канд. техн. наук А.Н. Нысангалиев
Доктор техн. наук Т.К. Ахмеджанов
К. Кошанова
Е.Х. Аязбаев

Предложены расчетные формулы для определения выделяющихся газов из нефти и нефтепродуктов, находящихся в резервуарах и емкостях, и радиусов зон загрязнения атмосферного воздуха.

Потери нефти и нефтепродуктов в основном и промежуточных резервуарах обусловлены высокой температурой и давлением насыщенных паров нефти и нефтепродуктов [1]. Представим себе в объеме низкомолекулярных углеводородов воображаемую единичную площадку. Так как низкомолекулярные углеводороды находятся в равновесии, через эту площадку будет пролетать в единицу времени в каждом направлении среднем одинаковое количество молекул.

Допустим, что молекулы движутся только вдоль трех взаимно перпендикулярных направлений. Если в выделенном объеме содержится N молекул, то в любой момент времени вдоль каждого из направлений будет двигаться $N/3$ молекул, причем половина из них (т.е. $N/6$ молекул) движется в одну сторону, половина в противоположную сторону. Следовательно, в направлении по нормали к площадке ΔS движется $1/6$ часть всех молекул.

Предположим, что все молекулы движутся со средней скоростью V , равной скорости дыхания резервуара. Тогда за время Δt до площадки S долетят все движущиеся по направлению к нему молекулы, заключенные в объеме цилиндра с основанием ΔS и высотой $V\Delta z$. Число этих молекул равно

$$v = \frac{n}{6} \Delta S V \Delta z, \tag{1}$$

где ν - число молекул, пролетающих через площадку ΔS за время Δt ;
 n - число молекул низкомолекулярных углеводородов в единице объема, м^{-3} ;
 V - средняя скорость движения всех низкомолекулярных углеводородов, м/с .

Скорость молекул низкомолекулярных углеводородов в потоке предполагалась одинаковой. Если отказаться от допущения об одинаковости скоростей молекул, то следует выделить из числа молекул в единице объема те dn_ν молекул, скорости которых лежат в интервале от V до $V+dV$. Количество молекул, имеющих такие скорости и долетающих до площадки S за время Δt равно

$$dV_\nu = \frac{1}{6} dn_\nu \Delta S V \Delta t . \quad (2)$$

Полное число молекул в направлении ΔS получим, проинтегрировав выражение (2) по скоростям:

$$\Delta V = \int dV_\nu = \frac{1}{6} \Delta S V \Delta t \int_0^{V_{\max}} V dn_\nu . \quad (3)$$

Выражение $\frac{1}{n} \int_0^{V_{\max}} V dn_\nu$ представляет собой среднее значение величины скорости V . Заменив в (3) интеграл скорости произведением nV , получим для числа молекул выражение

$$\Delta \nu = \int dV_\nu = \frac{1}{6} \Delta S V \Delta t n V , \quad (4)$$

где $\Delta \nu$ - число молекул, низкомолекулярных углеводородов, оказавшихся в цилиндре с основанием S и высотой $\Delta \nu \Delta t$.

Интенсивность выделения низкомолекулярных углеводородов из источника представляет собой массу газа, вылетевшего из единицы площади в единицу времени. Следовательно, если формулу (4) умножим на массу молекул низкомолекулярных углеводородов, а также разделим на площадку S и на время Δt то получим выражения для интенсивности выделения низкомолекулярных углеводородов из источника загрязнения окружающей среды:

$$\bar{J} = \frac{1}{6} \frac{m}{\Delta S \Delta t} \Delta \nu = \frac{1}{6} mnV . \quad (5)$$

Произведение массы молекул низкомолекулярных углеводородов на их число дает загазованность окружающей среды, т. е.

$$mn = N_3 \quad (6)$$

Интенсивность выделения молекул низкомолекулярных углеводов с учетом формулы (6) будет иметь вид:

$$\bar{J} = \frac{I}{6} N_3 V. \quad (7)$$

В реальных условиях вместе с низкомолекулярными углеводами выделяются и другие молекулы нефти и нефтепродуктов. Однако вид формулы (7) не изменится, так как в ней содержатся величины определяемые экспериментально. Поэтому выражение (7) справедливо для определения интенсивности выделения газообразных веществ из источника загрязнения окружающей среды. Кроме того, вид формулы (7) не изменяется с изменением температуры и давления насыщенных паров, нефти и нефтепродуктов. Величина, определяемая формулой (7) соответствует мгновенному значению интенсивности выделения газообразных веществ. Так как выделение происходит до тех пор, пока не выровняется давление насыщенных паров нефти с атмосферным давлением. Это состояние практически наступает очень быстро и характеризуется скоростью дыхания. Выделение газообразных веществ из источника загрязнения до достижения насыщения незначительно ими можно пренебречь.

Таким образом, выделение газообразных веществ из нефти и нефтепродуктов, находящихся в емкостях и резервуарах, происходит циклически. При этом интенсивность выделения определяется по формуле (7) для соответствующего значения и давления и температуры, а также загазованности и скорости дыхания.

На скорость дыхания накладывается скорость воздушного потока. В результате этого газообразные вещества распространяются в окружающей среде с результирующей скоростью V_p

$$\vec{V}_p = \vec{V} + \vec{V}_0, \quad (8)$$

где \vec{V}_p - результирующая скорость распространения вредных газообразных веществ в атмосфере, м/с; \vec{V}_0 - средняя скорость воздушного потока, м/с.

Так с учетом формулы (8) интенсивность распространения определяется выражением:

$$\bar{J} = \frac{I}{6} N_3 (\vec{V} + \vec{V}_0) = \frac{I}{6} N_3 \vec{V}_p. \quad (9)$$

Таким образом, интенсивность выделения и интенсивность распространения газообразных веществ в атмосфере по существу разные величины, несмотря на то, что они определяются по одинаковым по форме выражениям. Для интенсивности распространения газообразных веществ существенную роль играют атмосферные явления и скорость воздушного потока.

Интенсивность распространения газообразных веществ в окружающей среде от источника изменяется в зависимости от расстояния.

Для выяснения характера изменения, интенсивности распространения газообразных веществ в атмосфере рассмотрим поток загазованного воздуха. В результате воздействия различных атмосферных явлений на расстоянии r от источника до расстояния $r+dr$ интенсивность распространения уменьшается на величину dJ . Влияние атмосферных явлений на процесс распространения газообразных веществ в окружающей среде необходимо учитывать эмпирическим коэффициентом K . Поэтому нет необходимости установления механизма воздействия атмосферных явлений на процесс распространения в нем газообразных веществ. Тогда интенсивность распространения газообразных веществ будет описываться дифференциальным уравнением

$$dJ = -JKdr, \quad (10)$$

где dJ - изменение интенсивности на расстоянии dr , мг/м²с; J - начальная интенсивность на расстоянии $r+dr$, мг/м²с; dr - расстояние, на котором интенсивность изменяется на dJ , м; K - эмпирический коэффициент, м⁻¹.

Знак минус показывает на то, что с увеличением расстояния от источника загрязнения интенсивность распространения уменьшается, т. е. с возрастанием r интенсивность убывает.

Интенсивность распространения газообразных веществ у самого источника равняется интенсивности выделения J_B . Найдем интенсивность распространения на расстоянии r от источника. Для этого проинтегрируем выражение (10), предварительно разделив переменные:

$$\int_{J_B}^{J_P} \frac{dJ}{J} = -K \int dr. \quad (11)$$

В результате интегрирования получим $\ln J_P - \ln J_B = -Kr$, откуда имеем:

$$J_P = J_B e^{-Kr}, \quad (12)$$

где J_P -интенсивность распространения газообразных веществ в атмосфере, мг/м²с; J_B -интенсивность выделения газообразных веществ из источника (в частности, из резервуара), мг/м²с.

Выражение (11) показывает изменение интенсивности распространения газообразных веществ от источника до места отбора проб на загазованность. Как видно из выражения интенсивность распространения газообразных веществ от источника убывает по экспоненциальной зависимости. Радиус кривизны экспоненты зависит от коэффициента K , который определяется экспериментально.

Одной из основных характеристик нефти и нефтепродуктов из резервуаров является давление насыщенных паров. При выбросе вредных газообразных веществ из резервуара давление в нем падает до атмосферного значения. Это соответствует одному циклу дыхания со средней скоростью V .

Падение давления в резервуаре соответствует потере энергии с единицы объема. Следовательно, можно записать, что падение давления в резервуаре определяется следующим соотношением:

$$\Delta P = P_H - P_a = \frac{N_3 \cdot V^2}{2}, \quad (13)$$

где P_H - давление насыщенных паров нефти и нефтепродуктов, Н/м²; P_a - атмосферное давление окружающей среды, Н/м²; N_3 - загазованность окружающей среды, кг/м³; V - средняя скорость выброса газа, м/с.

Выражение (13) можно представить через интенсивность выделения газа J_B из источника

$$\Delta P = 3J_B V \quad (14)$$

откуда интенсивность газовыделения через падение давления

$$J_B = \frac{\Delta P}{3V}. \quad (15)$$

Интенсивности распространения газа с учетом формулы (15) можно представить в следующем виде:

$$J_B = \frac{\Delta P}{3V} e^{-Kr}, \quad (16)$$

где ΔP - разность давления, Н/м²; V - скорость выброса газа или скорость дыхания, м/с. K - эмпирический коэффициент, м⁻¹; r - расстояние от источника до места отбора проб на загазованность, м.

Коэффициент K определяется по эмпирической формуле Константинова. Скорость V определяется экспериментально с использованием анемометров. Давление насыщенных паров нефти и нефтепродуктов также определяется экспериментально. Таким образом, формула (16) позволяет определять интенсивность распространения газообразных веществ в атмосфере.

Добыча нефти включает следующие операции: сбор, подготовка и транспортирование. При этих процессах происходит потеря нефти, обусловленная испарением и разными утечками. Величина этих потерь зависит от физико-механических свойств нефти и особенностей сбора, подготовки и транспортирования ее до потребителя. В результате этих потерь загрязняется окружающая среда. До сих пор не достаточно обоснованно устанавливается область загрязнения атмосферы газообразными выбросами нефти и нефтепродуктов. Загрязнение окружающей среды зависит от интенсивности распространения газообразных веществ в атмосфере.

Решение дифференциального уравнения (10) относительно расстояния r позволяет получить следующее уравнение:

$$\ln J_p - \ln J_B = -Kr. \quad (17)$$

Преобразование формулы (17) приводит к следующему выражению:

$$r = \frac{1}{K} \ln \frac{J_B}{J_p}, \quad (18)$$

где r - радиус загрязнения окружающей среды, м; J_B - интенсивность выделения газообразных вредных веществ $\text{мг/м}^2\text{с}$; J_p - интенсивность распространения газообразных вредных веществ в атмосфере, $\text{мг/м}^2\text{с}$; K - эмпирический коэффициент, м^{-1} .

Если воспользоваться формулами интенсивности газовыделения и распространения, то получим для радиуса зоны загрязнения выражение:

$$r = \frac{1}{K} \ln \frac{N_3 V_B}{N_{\text{ПДК}} V_0}, \quad (19)$$

N_3 - загазованность атмосферы предприятия, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $N_{\text{ПДК}}$ - предельно-допустимая концентрация газообразных вредных веществ нефти и нефтепродуктов, г/м^3 ; V_0 - среднесуточная скорость атмосферного воздуха в окружающей среде, м/с; V_B - скорость выброса вредных веществ из резервуара, м/с.

Радиус зоны загрязнения можно выразить через разность давлений по следующей формуле:

$$r = \frac{1}{K} \ln \frac{\Delta P}{V_B N_{\text{ПДК}} V_0}, \quad (20)$$

где r - радиус зоны загрязнения, м; K - эмпирический коэффициент, м⁻¹; ΔP - разность давлений, Н/м²; V_B - скорость выброса вредных веществ в атмосферу, м/с. $N_{\text{ПДК}}$ - предельно-допустимая концентрация газообразных вредных веществ нефти и нефтепродуктов, кг/м³; V_0 - среднесуточная скорость атмосферного воздуха, м/с;

Все величины, входящие в формулу (19) и (20) определяются экспериментально с достаточно большой точностью.

Точное определение радиуса зоны загрязнения позволяет уточнить санитарно-защитные зоны в районе добычи, транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. – М.: Гостоптехиздат, 1961.

Министерство охраны окружающей среды РК
Каспий Мунай газ
Актауский государственный университет

МҰНАЙ ЖӘНЕ МҰНАЙ ӨНІМДЕРІНІҢ БУЛАНУЫ КЕЗІНДЕ АТМОСФЕРАНЫҢ ГАЗ ТӘРІЗДЕС ЗАТТАРМЕН ЛАСТАНУЫ

Техн. ғылымд. докторы М. Жараспаев
Техн. ғылымд. канд. А.Н. Нысанғалиев
Техн. ғылымд. докторы Т.К. Ахмеджанов
К. Кошанова
Е.Х. Аязбаев

Резервуарлар мен ыдыстардағы мұнай және мұнай өнімдерінен шығатын газдар мен атмосфералық ауаның ластану аймақтарының радиусын анықтауға арналған есептеу формулалары келтірілген.