



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Безопасности жизнедеятельности

# **ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ОТ ГАЗОВЫХ КОМПРЕССОРОВ**

Методические рекомендации  
для дипломного проектирования

Самара  
Самарский государственный технический университет  
2015

Печатается по решению Редакционно-издательского совета СамГТУ

УДК

**Оценка степени загрязнения воздуха от газовых компрессоров:** метод. рекомендации / Сост. Е.В.Алекина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2015. – 11 с.: ил.

Данные рекомендации позволяют произвести оценку загрязнения воздуха в процессе эксплуатации газовых компрессоров на нефтехимических и нефтеперерабатывающих производствах и могут быть использованы в дипломном проектировании и практических занятиях.

Предназначены для студентов специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств».

Рецензент

УДК

© Е.В.Алекина, составление, 2015

© Самарский государственный  
технический университет, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации газовых компрессоров может происходить загрязнение окружающего воздуха за счет негерметичности соединений в конструкции компрессора и газопроводов на всасывающих и нагнетательных линиях, а также при выполнении ряда технологических операций.

И, если, герметизацию соединений в большей или меньшей степени можно обеспечить разными способами, конструкциями или материалами, то при выполнении некоторых операций, как например, технологическая остановка и разгрузка компрессора вызывает значительную загазованность воздуха, которая может превышать предельно-допустимое значение концентрации соответствующего газа.

Данные рекомендации позволяют выполнить оценку вероятного значения фактического и допустимых выбросов перекачиваемого газа при остановке и разгрузки компрессора.

## 1. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

Расчет предельно-допустимых и фактических выбросов для любых газовых компрессоров производится по методике, приведенной ниже. Предельно-допустимое значение выброса газа из одиночного компрессора определяется по формуле (1).

$$ПДВ_{газа} = \frac{ПДК_{газа} \cdot H^2 \sqrt{V_1 \cdot \Delta T}}{AFm\eta}, \quad (1)$$

где ПДК – предельно-допустимая концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферы населенных пунктов и рабочей зоны (см. табл. 1), мг/м<sup>3</sup>. Высота приземного слоя до 2 м от уровня земли.

$H$  – высота источника выброса над уровнем земли, м;

$V_1$  – объем газовой смеси на выходе из трубы факела и других источников, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  – разность температур газовой смеси  $T_r$ , °С;

$A$  – коэффициент стратификации (м<sup>2/3</sup> · град<sup>1/3</sup> · мг)/г;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий оседание вредных веществ в атмосферном воздухе;

$m, n$  – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий рельеф местности.

Коэффициент стратификации  $A$  определяется в зависимости от географического расположения источника загрязнения и принимается равным:

- 250 – для Средней Азии;
- 200 – для Европейской части страны южнее  $50^{\circ}$  с.ш.;
- 180 – для Европейской части страны и Урала от  $50$  до  $52^{\circ}$  с.ш.;
- 160 – для Европейской части страны и Урала севернее  $52^{\circ}$  с.ш.;
- 140 – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Ивановской областей.

Безразмерный коэффициент  $F$  принимают:

- для газообразных вредных веществ  $F = 1$ ;
- для мелкодисперсных аэрозолей  $F = 2$  (при коэффициенте очистки не менее 90 %);  $F = 2,5$  (при коэффициенте очистки от 75 % до 90 %);  $F = 3$  (при коэффициенте очистки менее 75 % и при отсутствии очистки).

Значения коэффициента  $m$  определяются по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}}, \quad (2)$$

где  $f$  – вспомогательный параметр, рассчитываемый по формуле

$$f = 10^3 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (3)$$

где  $D$  – диаметр устья свечи, м;

$H$  – высота свечи, м;

$\Delta T = t_r - t_b$  – разность температур газа и воздуха;

$\omega_0$  – скорость выхода газа из устья свечи выброса

$$\omega_0 = \frac{4V_1}{\pi D^2}, \quad (4)$$

где  $V_1$  – объем газа, стравливаемый при разгрузке компрессора за единицу времени, т.е. за 1 с.

$$V_1 = \frac{V_c}{t}, \quad (5)$$

где  $V_c$  – объем газа, стравливаемый при остановке компрессора,  $\text{м}^3$ ;  
 $t$  – продолжительность продувки в секундах.

$$V_c = \frac{V_k \cdot P_r \cdot t_B}{P_0 \cdot z \cdot t_r}, \quad (6)$$

где  $V_k$  – геометрический объем компрессорной части агрегата с коллекторами на приеме и выпуске,  $\text{м}^3$ ;

$P_r$  – давление газа перед стравливанием, МПа;

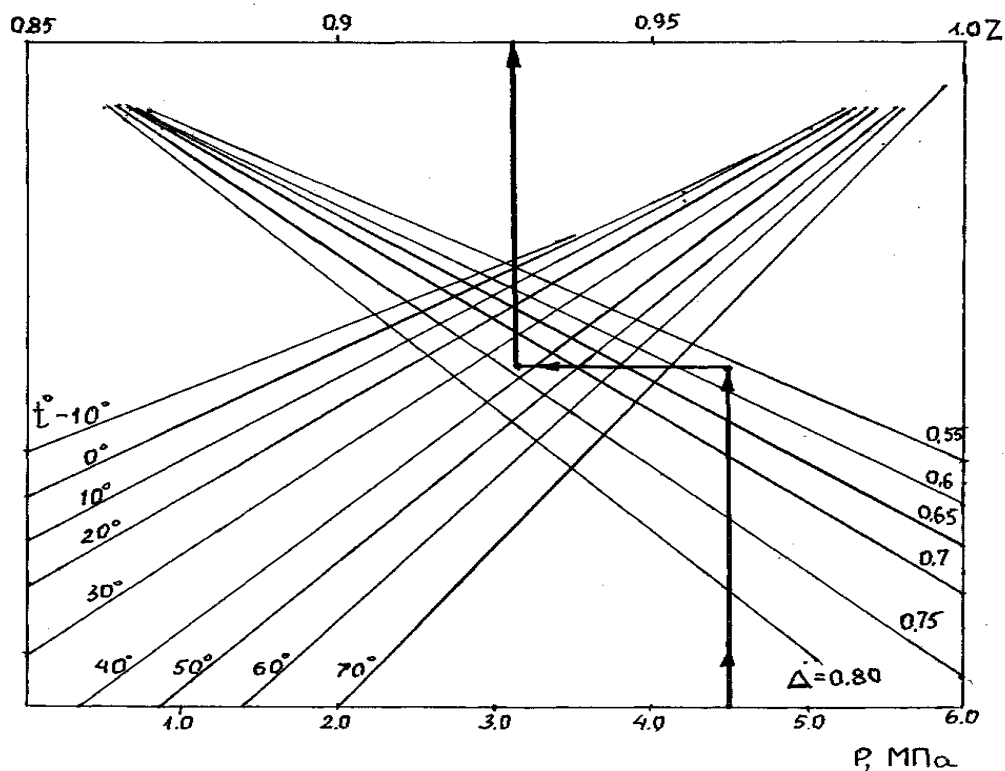
$t_B$  – температура окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{К}$ ;

$P_0$  – атмосферное давление, МПа;

$z$  – коэффициент сжимаемости;

$t_r$  – температура газа перед стравливанием,  $^{\circ}\text{К}$ .

Коэффициент сжимаемости определяется по номограмме (рис. 1) при известных значениях давления газа  $P_r$ , температуры  $t_r$  перед стравливанием и плотности газа по отношению к воздуху  $\Delta$ .



Р и с. 1. Определение коэффициента сжимаемости газа  $z$  по давлению  $P$ , температуре  $t$  и относительной плотности  $\Delta$

$$\Delta = \frac{\rho_{\Gamma}}{\rho_{\text{В}}} , \quad (7)$$

где  $\rho_{\Gamma}$  – плотность газа при температуре газа;

$\rho_{\text{В}}$  – плотность газа при температуре окружающего воздуха (средняя температура июля месяца).

Значение коэффициента  $n$  определяют в зависимости от вспомогательного параметра  $V_{\text{М}}$ . При значении  $V_{\text{М}} \leq 0,3$   $n = 3$ ; при  $0,3 < V_{\text{М}} \leq 2$

$$n = 3 - \sqrt{(V_{\text{М}} - 0,3) \cdot (4,36 - V_{\text{М}})} . \quad (9)$$

при  $V_{\text{М}} > 2$   $n = 1$ .

Значение  $V_{\text{М}}$  определяется по формуле

$$V_{\text{М}} = 0,65 \sqrt{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} , \quad (10)$$

Безразмерный коэффициент  $\eta$ , учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот не превышающим 50 м на 1 км принимается равным единице ( $\eta = 1$ ).

*Таблица 1*

**Нормы содержания вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и рабочей зоны (мг/м<sup>3</sup>)**

Вредное вещество	Населённые пункты		Рабочая зона
	максимальное разовое значение	среднесуточное значение	
Бутан	200	-	-
Оксид углерода	3	1	20
Оксиды азота	0,6	0,06	30
Диоксиды азота	0,085	0,04	5
Газовая сажа	0,15	0,05	3,5
Сероводород	0,008	0,008	10
Метилмеркаптан	$9 \cdot 10^{-6}$	-	0,8
Диоксид серы	0,5	0,05	10
Пыль нетоксичная	0,5	0,15	3
Серная кислота	0,3	0,1	1
Метанол	1	0,5	5

Углеводороды алифатические предельные C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub> (в пересчёте на C)	-	-	300
--	---	---	-----

Фактический выброс газа при условии остановки и разгрузки компрессора один раз в месяц

$$M_{\Gamma} = 1000V_1 \cdot \rho_{\Gamma} \quad (11)$$

Приемлимым считается, если  $M_{\Gamma} \leq \text{ПДВ}_{\Gamma}$ .

## 2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ ВЫБРОСОВ ГАЗА В АТМОСФЕРУ

Определить предельно допустимый и фактический выбросы природного газа при остановке и разгрузке компрессора 10 ГКН.

Исходные данные:

Геометрический объём компрессорной части агрегата с коллекторами на приёме и выпуске $V_{\kappa}$ , м <sup>3</sup>	100
Высота выброса газа $H$ , м	30
Диаметр свечи выброса $D$ , м	0,25
Давление газа перед стравливанием $P_{\Gamma}$ , МПа	4,5
Температура газа перед стравливанием $T_{\Gamma}$ , °С	35
Атмосферное давление $p_0$ , МПа	0,1033
Плотность, кг/м <sup>3</sup> : стравливания газа $\rho_{\Gamma}$ воздуха $\rho_{\text{в}}$	0,7 1,206
Температура окружающего воздуха $T_{\text{в}}$ , °С	20
Продолжительность продувки $t$ , мин	15

Компрессорная расположена в центральной части европейской территории РФ. Компрессор останавливали один раз в месяц.

Для определения предельно-допустимого выброса природного газа находим значения показателей, необходимых для расчета. По номограмме (рис. 1) определяем коэффициент сжимаемости при из-

вестных значениях давления газа  $P_{\Gamma}$ , температуры  $T_{\Gamma}$  перед сравнением и плотности газа по отношению к воздуху  $\Delta$ .

Значение  $\Delta$  находим по формуле (7)

$$\Delta = \frac{0,7}{1,206} = 0,58$$

Зная  $P_{\Gamma} = 4,5$  МПа,  $\Delta = 0,58$  и  $T_{\Gamma} = 35$  °С по номограмме  $z = 0,923$ .

Находим объем газа, сравливаемый при остановке компрессора по формуле (6)

$$V_c = \frac{100 \cdot 4,5 (273 + 20)}{0,1033 \cdot 0,923 (273 + 35)} = \frac{131850}{29,37} = 4490 \text{ нм}^3$$

Объем газа  $V_1$  определяем по формуле (5)

$$V_1 = \frac{4490}{15,60} = 4,99 \text{ нм}^3/\text{с}$$

Определяем  $\omega_0$  по формуле (4)

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot 4,99}{3,14 \cdot 0,25^2} = 101,7 \text{ м/с}$$

Разность температур  $\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{в}} = 35 - 20 = 15$  °С.

Коэффициент стратификации  $A$  для центральной Европейской территории РФ равен 180.

Коэффициенты  $F$  и  $\eta$  равны по единице.

Определяем  $f$  по формуле (3)

$$f = 10^3 \frac{101,7^2 \cdot 0,25}{30^2 \cdot 15} = 192 \text{ м/с}^2 \cdot \text{град}$$

и находим  $m$  по формуле (2)

$$m = \frac{1}{0,67 + \sqrt{192 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{192}}} = 0,25$$

Коэффициент  $n$  определяем, зная чему равняется  $V_m$  по формулам (10) и (9)

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{4,99 \cdot 15}{30}} = 0,88$$

$$n = 3 - \sqrt{(0,88 - 0,3) \cdot (4,36 - 0,88)} = 1,58$$

Предельно-допустимый выброс по углеводородам



$$ПДВ_{CH_4} = \frac{200 \cdot 30^2 \cdot \sqrt[3]{4,99 \cdot 15}}{180 \cdot 1 \cdot 0,25 \cdot 1,25 \cdot 1} = 10669 \text{ г/с} = 336457,6 \text{ т/год}$$

Фактический выброс углеводородов при условии остановки и разгрузки компрессора по формуле (12)

$$M_{CH_4} = 1000 \cdot 4,99 \cdot 0,7 = 3493 \text{ г/с} = 110155,2 \text{ т/год}$$

т.е. не превышает ПДВ по газу.

### Библиографический список

1. ОНД-86 Общесоюзный нормативный документ. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 93 с.
2. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнений атмосферы. – Л.: ГМИ, 1985. – 272 с.
3. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. Учеб. пособие. – М., 1988. – 191 с.
4. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

### Варианты заданий по расчету ПДВ и ФВ газообразных продуктов

Тип компрессора	Геометрический объем компрессора на приеме и выпуске $V_k$	Высота выброса газа $H$ , м	Диаметр свечи $D$ , м	Давление газа перед сравнением	Температура газа перед сравнением $T$ °С	Температура окружающего воздуха $T_B$ °С	Продолжительность продувки мин.	Период года	Компримируемый газ
Газовый ГК	150	30	0,25	4,5	30	+ 21	15	тепло	метан
Ацетиленовый	80	35	0,3	4,0	35	- 4,5	10	холодно	ацетилен
Газовый ГН	90	40	0,15	3,0	40	+ 15	18	тепло	сероводород
Газовый ГК	80	40	0,20	3,5	25	- 7	20	холодно	оксид углерода
Газовый ГН	100	30	0,25	5,0	30	+ 18	15	тепло	диоксид азота

Примечания: 1. Плотность в  $\text{кг/м}^3$  срамливаемого газа и воздуха определяется в зависимости от их температуры.

2. Атмосферное давление на местности принимается равным 0,1033 МПа.

Учебное издание

**Оценка степени загрязнения воздуха от газовых компрессоров**

*Алекина Елена Викторовна*

Редактор *Т. Г. Трубина*

Компьютерная верстка *И. О. Миняева*

Выпускающий редактор *Н. В. Беганова*

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. п. л. . Уч.-изд. л. .

Тираж 100 экз. Рег. № .

---

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Самарский государственный технический университет»  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус.

Отпечатано в типографии  
Самарского государственного технического университета  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус № 8