

Расчет выбросов загрязняющих веществ при техническом обслуживании и плановых ремонтах газораспределительной системы (наружное газоснабжение)

Объем выбросов природного газа при техническом обслуживании и плановых ремонтах ГРС, при продувке и заполнении ГРС, при вводе в эксплуатацию газопроводов, при присоединении вновь построенных газопроводов, при ремонте, эксплуатации, при установке и замене счетчиков G_i , м³, рассчитывается по формуле (5):

$$G_i = V_{\text{пр}} + V_{\text{н}},$$

где $V_{\text{пр}}$ – объем выбросов природного газа при его стравливании перед началом работ и последующей продувке газопроводов по окончании работ, м³, определяемый по формуле (6):

$$V_{\text{пр.}} = (K \times V_g \times (P_a + P_g) \times 293,15 \times Z_{\text{ct}}) / P_a \times (273,15 + t_g) \times Z;$$

где:

K – коэффициент, учитывающий реальное увеличение расхода газа на продувку, в соответствии с п. 4.2.4 = 2,25

P_a – атмосферное давление = 0,101325 МПа;

Газопровод среднего давления до 0,3 МПа

P_g – давление газа при продувке = 0,0022 МПа;

t_g – температура природного газа в системе – 6°С;

293,15 – температура при стандартных условиях, К;

Z_{ct} – коэффициент сжимаемости природного газа при стандартных условиях = 0,997297;

Z – коэффициент сжимаемости природного газа при давлении 0,0022 МПа и температуре 6 °С = 0,9897.

V_g – геометрический объем участка газопровода, определяемый по формуле (8):

$$V_g = \pi \times d_t^2 \times l_t / 4$$

где:

l_t – длина участка газопровода, м.

d_t – средний диаметр газопровода, определяемый по формуле (9):

$$d_t = \sqrt{d_1^2 \times l_1 + d_2^2 \times l_2 + \dots + d_n^2 \times l_n} / \sqrt{d_1 \times l_1 + d_2 \times l_2 + \dots + d_n \times l_n};$$

где:

d_1, d_2, d_n – условные диаметры участков газопровода, м;

l_1, l_2, l_n – длины участков газопроводов соответствующих диаметров, м,

1) Выбросы от газораспределительной системы при вводе в эксплуатацию, техническом обслуживании и плановых ремонтах газораспределительной системы.

Газопровод высокого давления:

$$d_1 = 0,090 \text{ м}, l_1 = 15 \text{ м};$$

$$d_t = \frac{0,09^2 \times 15}{0,09 \times 15} = 0,09 \text{ м}$$

$$V_g = \frac{3,14 \times 0,09^2 \times 15}{4} = 0,095 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{пр}} = \frac{1,25 \times 0,095 \times (0,101325 + 0,6) \times 293,15 \times 0,96}{0,101325 \times (273,15 + 6) \times 0,96} = 0,863 \text{ м}^3$$

Валовый выброс природного газа от объектов газораспределительной системы, $M_j^{\text{те}}$, т/год рассчитывается по формуле:

$$M_j^{\text{те}} = 10^{-3} \times \sum_{i=1}^m (G^i \times \rho_g \times 0,991 \times N^i), \text{ т/год}$$

где $\rho_g = 0,673 \text{ кг/м}^3$;

0,991 – коэффициент перевода массового выброса природного газа на метан;

n_i – количество выполняемых однотипным оборудованием i -ых операций в течение года, шт. (1 шт.).

$$M_j^{\text{те}} = 10^{-3} \times 0,863 \times 0,673 \times 0,991 = 0,00058 \text{ т/год}$$

Максимальный выброс природного газа на основании определения параметров работы технологического оборудования M_i , г/с, рассчитывается по формуле:

$$I_j = \frac{0,991 \times G^i \times \rho_g}{\tau_{\text{опер}}} \times 1000$$

где G^i – объем выброса природного газа при выполнении одной операции, м^3 ;

0,991 – коэффициент пересчета объемного природного газа на метан;

ρ_g – плотность природного газа при стандартных условиях, кг/м^3 ;

1000 – коэффициент пересчета «кг» в «г»;

$\tau_{\text{опер}}$ – продолжительность выполнения одной операции, с.

$$I_j = \frac{0,991 \times 0,863 \times 0,673}{86\,400} \times 1000 = 0,0067 \text{ г/с}$$

Валовый выброс одоранта от объектов газораспределительной системы, $M_{\text{од}}^{\text{те}}$, т/год рассчитывается по формуле (11):

$$M_{\text{од}}^{\text{те}} = 0,016 \times G_{\text{опер}}^i \times n_i \times 10^{-6};$$

где:

0,016 – среднегодовая норма расхода этилмеркаптана на один кубический метр природного, г/м^3 ;

$G_{\text{опер}}^i$ – объем выбросов природного газа при выполнении i -той операции;

n_i – количество выполняемых однотипным оборудованием i -ых операций в течение года, шт.

$$M_{\text{од}}^{\text{те}} = 0,016 \times 0,863 \times 1 \times 10^{-6} = 13,8 \times 10^{-9} \text{ т/год}$$

Максимальный выброс одоранта от объектов ГРС $M_{од}$, г/с, рассчитывается по формуле (12):

$$M_{од} = \frac{0,016 \times G^i}{1200} \times 1000$$

где:

0,0016 – то же, что и в формуле (11)

$G^i_{опер}$ – объем выбросов природного газа при выполнении i -ой операции, m^3

1200 – период осреднения, с

$$M_{од} = \frac{0,016 \times 0,863}{1200} \times 1000 = 0,0115 \text{ г/с}$$

Газопровод низкого давления:

$$d_1 = 0,063 \text{ м}, l_1 = 161 \text{ м};$$

$$d_2 = 0,090 \text{ м}, l_2 = 399 \text{ м};$$

$$d_3 = 0,110 \text{ м}, l_3 = 230 \text{ м};$$

$$d_4 = 0,160 \text{ м}, l_4 = 887 \text{ м};$$

$$d_5 = 0,225 \text{ м}, l_5 = 195 \text{ м};$$

$$d_6 = 0,315 \text{ м}, l_6 = 729 \text{ м}.$$

$$d_t = \frac{0,063^2 \times 161 + 0,090^2 \times 399 + 0,11^2 \times 230 + 0,16^2 \times 887 + 0,225^2 \times 195 + 0,315^2 \times 729}{0,063 \times 161 + 0,09 \times 399 + 0,11 \times 230 + 0,16 \times 887 + 0,225 \times 195 + 0,315 \times 729} = 0,229 \text{ м}$$

$$V_g = \frac{3,14 \times 0,229^2 \times 2601}{4} = 107,07 \text{ м}^3$$

$$V_{пр} = \frac{1,25 \times 107,07 \times (0,101325 + 0,002) \times 293,15 \times 0,96}{0,101325 \times (273,15 + 6) \times 0,9897} = 139,02 \text{ м}^3$$

Валовый выброс природного газа от объектов газораспределительной системы, $M^{\text{те}}_j$, т/год:

$$M^{\text{те}}_j = 10^{-3} \times 139,02 \times 0,673 \times 0,991 = 0,093 \text{ т/год}$$

Максимальный выброс природного газа на основании определения параметров работы технологического оборудования M_i , г/с:

$$I_j = \frac{0,991 \times 139,02 \times 0,673}{86400} \times 1000 = 1,07 \text{ г/с}$$

Валовый выброс одоранта от объектов газораспределительной системы, $M^{\text{те}}_{од}$, т/год:

$$M^{\text{те}}_{од} = 0,016 \times 139,02 \times 1 \times 10^{-6} = 2,22 \times 10^{-6} \text{ т/год}$$

Максимальный выброс одоранта от объектов ГРС $M_{од}$, г/с:

$$M_{од} = \frac{0,016 \times 139,02}{1200} \times 1000 = 1,85 \text{ г/с}$$

2) Расчёт выбросов загрязняющих веществ при повреждении газораспределительной системы.

Объем выброса газа в атмосферный воздух *от момента аварии до момента отсечки* j -того участка газопровода в результате его повреждения D_j , м³/авария, рассчитывается по формуле:

$$D_j = 10^{-6} \times \frac{K_i \times \pi \times (d_{1j})^2 \times \tau_j \times (P_a + P_{\text{е́сá}}^j)}{8 \times \sqrt{273,15 + t_g^j}}$$

где j – участок, на котором произошла авария;

K_i – коэффициент интенсивности истечения газа из j -того участка газопровода, при условии, что давление в газопроводе $P_{\text{е́сá}} < 0,08435$ МПа и, соответственно, имеется докритический режим истечения газа, равный 6,35, при условии, что давление в газопроводе $P_{\text{е́сá}} \leq 0,08435$ МПа и, соответственно, имеется критический режим истечения газа равный 28,75;

d_{1j} – диаметр отверстия в газопроводе, возникшего в результате разрыва j -того участка газопровода, мм;

τ_j – длительность истечения газа из j -того участка газопровода, с;

P_a – атмосферное давление, $P_a = 0,101325$ МПа;

$P_{\text{е́сá}}^j$ – избыточное давление в j -том участке газопровода до момента разрыва, МПа;

t_g^j – температура газа в системе, $t_g^j = 6^\circ\text{C}$.

Объем выброса газа в атмосферный воздух при освобождении газопровода после отсечки j -того поврежденного участка, S_j , м³/авария, рассчитывается по формуле:

$$S_j = 10^{-3} \times \frac{\pi \times (d_{2j})^2 \times L_j \times (P_a + P_{\text{е́сá}}^j)}{4 \times R \times (273,15 + t_g^j)}$$

где j – участок, на котором произошла авария;

d_{2j} – внутренний диаметр j -того участка газопровода, мм;

P_a – атмосферное давление, МПа;

$P_{\text{е́сá}}^j$ – избыточное давление в газопроводе до момента разрыва, МПа;

L_j – длина участка газопровода, на котором произошла авария, отсеченного запорными кранами, м;

R – газовая постоянная, принимаемая равной для природного газа 507,5 Дж/(кг·К), для сжиженного газа определяемая в зависимости от его типа по таблице А.3 (Приложение А);

t_g^j – температура газа в системе, °С.

Валовой выброс природного газа в атмосферный воздух при авариях газораспределительной системы $M^{\text{тe}}_j$, т/авария, рассчитывается по формуле:

$$M_j^{te} = 10^{-3} \times 0,991 \times \rho_g \times \left(\sum_j D_j + \sum_j S_j \right)$$

где j – участок, на котором произошла авария;

0,991 – коэффициент пересчета природного газа на метан;

ρ_g – плотность природного газа при стандартных условиях, кг/м³;

D_j – объем выброса природного газа в атмосферный воздух от начала повреждения до момента отсечки j -того участка газопровода, м³/авария, определяемый в соответствии с 6.1.4;

S_j – объем выброса природного газа в атмосферный воздух при освобождении газопровода после отсечки j -того поврежденного участка, м³/авария.

Газопровод высокого давления:

$$D_j = 10^{-6} \times \frac{28,75 \times 3,14 \times 90 \times 3600 \times (0,101325 + 0,6)}{8 \times \sqrt{273,15 + 6}} = 0,153 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$S_j = 10^{-3} \times \frac{3,14 \times 84,8^2 \times 15 \times (0,101325 + 0,6)}{4 \times 507,5 \times (273,15 + 6)} = 0,00042 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$M_{CH_4}^{te} = 10^{-3} \times 0,991 \times 0,673 \times (0,153 + 0,00042) = 0,0001 \text{ т/авария}$$

$$M_{C_2H_6S}^{te} = 10^{-6} \times 0,024 \times 0,673 \times (0,153 + 0,00042) = 2,48 \times 10^{-9} \text{ т/авария}$$

Газопровод низкого давления:

$$D_{j1} = 10^{-6} \times \frac{6,35 \times 3,14 \times 63 \times 3600 \times (0,101325 + 0,002)}{8 \times \sqrt{273,15 + 6}} = 0,0035 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$S_{j1} = 10^{-3} \times \frac{3,14 \times 57,2^2 \times 161 \times (0,101325 + 0,002)}{4 \times 507,5 \times (273,15 + 6)} = 0,0003 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$D_{j2} = 10^{-6} \times \frac{6,35 \times 3,14 \times 90 \times 3600 \times (0,101325 + 0,002)}{8 \times \sqrt{273,15 + 6}} = 0,005 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$S_{j2} = 10^{-3} \times \frac{3,14 \times 84,8^2 \times 399 \times (0,101325 + 0,002)}{4 \times 507,5 \times (273,15 + 6)} = 0,0016 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$D_{j3} = 10^{-6} \times \frac{6,35 \times 3,14 \times 110 \times 3600 \times (0,101325 + 0,002)}{8 \times \sqrt{273,15 + 6}} = 0,0061 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$S_{j3} = 10^{-3} \times \frac{3,14 \times 103,7^2 \times 230 \times (0,101325 + 0,002)}{4 \times 507,5 \times (273,15 + 6)} = 0,0014 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$D_{j4}=10^{-6} \times \frac{6,35 \times 3,14 \times 160 \times 3600 \times (0,101325 + 0,002)}{8 \times \sqrt{273,15 + 6}} = 0,0089 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$S_{j4}=10^{-3} \times \frac{3,14 \times 150,9^2 \times 887 \times (0,101325 + 0,002)}{4 \times 507,5 \times (273,15 + 6)} = 0,0116 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$D_{j5}=10^{-6} \times \frac{6,35 \times 3,14 \times 225 \times 3600 \times (0,101325 + 0,002)}{8 \times \sqrt{273,15 + 6}} = 0,0012 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$S_{j5}=10^{-3} \times \frac{3,14 \times 212,2^2 \times 195 \times (0,101325 + 0,002)}{4 \times 507,5 \times (273,15 + 6)} = 0,005 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$D_{j6}=10^{-6} \times \frac{6,35 \times 3,14 \times 315 \times 3600 \times (0,101325 + 0,002)}{8 \times \sqrt{273,15 + 6}} = 0,017 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$S_{j6}=10^{-3} \times \frac{3,14 \times 297,1^2 \times 729 \times (0,101325 + 0,002)}{4 \times 507,5 \times (273,15 + 6)} = 0,037 \text{ м}^3/\text{авария}$$

$$M_{\text{CH}_4}^{\text{те}} = 10^{-3} \times 0,991 \times 0,673 \times (0,0417 + 0,0569) = 6,58 \times 10^{-5} \text{ т/авария}$$

$$M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{S}}^{\text{те}} = 10^{-6} \times 0,024 \times 0,673 \times (0,0417 + 0,0569) = 1,59 \times 10^{-9} \text{ т/авария}$$

3) Объём выбросов через неплотности оборудования и арматуры от источников выбросов, вследствие их негерметичности.

Объём выбросов природного газа через неплотности резьбовых и фланцевых соединений G_c , м³/час, рассчитывается по формуле (12):

$$G_c = V_g \times \frac{P_{\text{изб}} \times \Delta P \times \mu_B}{P_{\text{исп}} \times (P_a + P_{\text{исп}}) \times \mu_g \times \tau_g}$$

где:

V_g – объём газопроводной полости, м³;

$P_{\text{изб}}$ – избыточное давление газа в газораспределительной системе? МПа;

μ_B – вязкость газа МПа·с, определяемая по ГОСТ 30319.1 и при стандартных условиях = $17,179 \times 10^{-12}$ МПа·с;

$P_{\text{исп}}$ – давление газа в газораспределительной системе при проведении испытания = 0,1 МПа;

P_a – атмосферное давление = 0,101325 МПа;

μ_g – вязкость газа Мпа·с, определяемая по ГОСТ 30319.1 и при стандартных условиях = $10,962 \times 10^{-12}$ Мпа·с;

ΔP – допускаемое падение давления газа в газопроводных полостях, МПа, принимаемое по СНиП 3.05.02-88;

τ_g – время проведения испытания газопроводной полости – 12 ч.

$$G_c = 0,095 \times \frac{0,6 \times 0,005 \times 17,179 \times 10^{-12}}{0,6 \times (0,10325 + 0,6) \times 10,962 \times 10^{-12} \times 12} = 8,85 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$G_c = 0,095 \times \frac{0,005 \times 0,008 \times 17,179 \times 10^{-12}}{0,1 \times (0,10325 + 0,1) \times 10,962 \times 10^{-12} \times 12} = 2,46 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$M_{\text{CH}_4}^{\text{те}} = 10^{-3} \times 0,991 \times (8,85 \times 10^{-5} + 2,46 \times 10^{-5}) \times 1 = 1,12 \times 10^{-7} \text{ т/год}$$

$$M_{\text{од}}^{\text{те}} = 0,016 \times (8,85 \times 10^{-5} + 2,46 \times 10^{-5}) \times 1 \times 10^{-6} = 1,81 \times 10^{-12} \text{ т/год}$$

4) Объём выброса при проверке работоспособности предохранительно-сбросных устройств.

$$G_{\text{псу}}^i = q_{\text{псу}}^i \times \tau_{\text{псу}}^i \times N_{\text{псу}}^i$$

$q_{\text{псу}}^i$ - расход газа i -тым типом предохранительно-сбросного устройства, м³/час;

$\tau_{\text{псу}}^i$ - продолжительность проверки i -того типа предохранительно-сбросного устройства, ч, определяется по его паспортным данным;

$N_{\text{псу}}^i$ - количество работающих устройств i -того типа, шт.

$$G_{\text{псу}}^i = 0,5 \times 0,32 \times 1 = 0,16 \text{ м}^3$$

Каждый клапан проверяется согласно «Правил технической безопасности в области газоснабжения в Республике Беларусь» 6 раз в год.

$$G_{\text{псу}}^i = 0,16 \times 6 = 0,96 \text{ м}^3$$

Валовый выброс природного газа от объектов газораспределительной системы, $M_j^{\text{те}}$, т/год:

$$M_j^{\text{те}} = 10^{-3} \times 0,96 \times 0,673 \times 0,991 = 0,00064 \text{ т/год}$$

Максимальный выброс природного газа на основании определения параметров работы технологического оборудования M_i , г/с:

$$I_j = \frac{0,991 \times 0,16 \times 0,673}{86400} \times 1000 = 0,0012 \text{ г/с}$$

Валовый выброс одоранта от объектов газораспределительной системы, $M_{\text{од}}^{\text{те}}$, т/год:

$$M_{\text{од}}^{\text{те}} = 0,016 \times 0,96 \times 1 \times 10^{-6} = 1,5 \times 10^{-7} \text{ т/год}$$

Максимальный выброс одоранта от объектов ГРС $M_{\text{од}}$, г/с:

$$M_{\text{од}} = \frac{0,016 \times 0,16}{1200} \times 1000 = 0,0021 \text{ г/с}$$

Код вещества	Наименование вещества	Валовый выброс	т/г
0401	Метан	при вводе в эксплуатацию	0,093
		при возникновении аварийной ситуации	$6,58 \times 10^{-5}$
		через неплотности оборудования и арматуры	$1,12 \times 10^{-7}$
		при проверке работоспособности предохранительно-сбросных устройств	0,00064
Итого			0,0937
1728	Этантол (этилмеркаптан)	при вводе в эксплуатацию	$2,22 \times 10^{-6}$
		при возникновении аварийной ситуации	$1,59 \times 10^{-9}$

		через неплотности оборудования и арматуры	$1,81 \times 10^{-12}$
		при проверке работоспособности предохранительно-сбросных устройств	$1,5 \times 10^{-7}$
Итого:			$2,37 \times 10^{-6}$
Всего выбросов загрязняющих веществ:			0,0937