

**Расчет мощности выбросов загрязняющих веществ
котлов марки «Факел-Г»
/источник выброса №0001/**

Расчет максимальных разовых и валовых выбросов выполнен в соответствии с «Методикой определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час», М., 1999 г.[13] и «Методическим письмом НИИ Атмосфера №335/33-07 от 17.05.2000 г. [14]».

Расчет проведен по основным загрязняющим веществам, содержащимся в дымовых газах: диоксиду азота, оксиду азота, оксиду углерода и бенз(а)пирену.

Расчет выбросов загрязняющих веществ от котла «Факел-Г»

Исходные данные

- котел «Факел-Г» номинальной мощностью 1 МВт - 8 ед. (в работе зимой – 4 ед., летом – 2 ед., в резерве – 2 ед.);
- установочная мощность котельной – 4 МВт (определенна для периода с максимальной нагрузкой - зимы);
- тип горелки – дутьевая (вентиляторная);
- коэффициент избытка воздуха на выходе из топки равен 1,2 (согласно технической характеристике котла, см. *приложение 7*);
- КПД котла – 93 % (согласно технической характеристике котла см. *приложение 7*);
- объем топки котла – 0,94 м³ (согласно технической характеристике котла, см. *приложение 7*);
- топливо - природный газ с низшей теплотворной способностью $Q = 8005,8824 \text{ ккал}/\text{м}^3, 33,5196 \text{ МДж}/\text{м}^3$ (согласно «справке о составе газа», см. *приложение 7*);
- максимальный часовой расход природного газа на 1 котел – 107,4 м³/час; 0,029833 м³/с (согласно режимной карте котла, см. *приложение 7*);
- годовой расход природного газа на котельную: 1047543,79 м³/год, 1047,54379 тыс. нм³/год (согласно исходным данным заказчика, см. *приложение 7*);
- температура отходящих газов – 160 °С (согласно режимной карте и технической характеристике котла, см. *приложение 7*);
- отвод дымовых газов от котла осуществляется через общую дымовую трубу высотой 33,15 м и диаметром 820 мм.

В расчетах охлаждение дымовых газов в трубе не учитываем, так как отвод газов осуществляется с помощью дымососов.

Расчёт объема дымовых газов

Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях рассчитывается по уравнению (A1) [4]:

$$V_{\text{ср}} = V_r^0 + (a - 1) \cdot V^0 - V_{H_2O}^0;$$

где:

V^0 , V_r^0 , - соответственно объемы воздуха, дымовых газов и водяных паров
 $V_{H_2O}^0$ при стехиометрическом сжигании 1 м³ топлива, м³/м³.

$$V^0 = 0,0476 \cdot \left[0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \right];$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot \left[H_2 + H_2S + 0,5 \sum (n \cdot C_m H_n + 0,124) \cdot d_{\text{г.тл}} \right] + 0,0161 \cdot V^0;$$

$$V_r^0 = 0,01 \left[CO_2 + CO + H_2S + \sum (m + C_m H_n) + 0,79 \cdot V^0 + \frac{N_2}{100} + V_{H_2O}^0 \right];$$

где:

CO, CO₂, H₂, – соответственно, содержание оксида углерода, диоксида углерода, водорода, сероводорода, углеводородов, азота и кислорода в исходном топливе, %.
H₂S, C_mH_n, N₂,
O₂

m и n
d_{г.тл.}

– число атомов углерода и водорода соответственно;
– влагосодержание газообразного топлива, отнесенное к 1 нм³ сухого газа, г/нм³.

Состав природного газа ГРС «Рыбинск», согласно результатам испытания газа горючего природного (см. *приложение 7*) следующий:

- метан 97.8225 об. %;
- этан 0.9486 об. %;
- пропан 0.2127 об. %;
- бутан 0.0659 об. %;
- пентан 0.0143 об. %;
- двуокись углерода 0.0389 об. %;
- азот 0.8983 об. %;
- кислород 0.0062 об. %.
- абсолютная влажность 0.064 г/м³.

$$V^0 = 0,0476 \cdot \left[0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 0 + 1,5 \cdot 0 + \sum \left(3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 0,2127 + \left(4 + \frac{10}{4} \right) \cdot 0,0659 + \left(5 + \frac{12}{4} \right) \cdot 0,0143 - 0,0062 \right] = 9,55 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \left[0 + 0,5 \sum (4 \cdot 97,8225 + 6 \cdot 0,9485 + 8 \cdot 0,2127 + 10 \cdot 0,0659 + 12 \cdot 0,0143) + 0 \right] \\ + 0,0161 \cdot 9,55 = 2,15 \text{ м}^3 / \text{м}^3;$$

$$V_r^0 = 0,01 \left[0,0389 + 0 + 0 + \sum (1 \cdot 97,8225 + 2 \cdot 0,9485 + 3 \cdot 0,2127 + 4 \cdot 0,0659 + 5 \cdot 0,0143) \right] \\ + 0,79 \cdot 9,55 + \frac{0,8983}{100} + 2,15 = 9,74 \text{ м}^3 / \text{м}^3;$$

$$V_{cr} = 9,74 + (1,4 - 1) \cdot 9,55 - 2,15 = 11,41 \text{ м}^3 / \text{м}^3;$$

Объем отходящих дымовых газов на 1 м³ топлива при коэффициенте избытка воздуха 1,2 составит:

$$V_{ct} = 9,74 + (1,2 - 1) \cdot 9,55 = 11,65 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \text{ топлива.}$$

Так как удаление дымовых газов от котлов осуществляется с помощью дымососов Д – 3,5 М, производительностью 4300 м³/час (см. *приложении 7*), то объем отходящих газов (в период максимальной нагрузки – 4 котла) определяется общей производительностью работающих дымососов и составляет:

$$V_{ot.g.} = V_{дымососа} = 4300 \text{ м}^3 / \text{ч} \text{ или } 1,194 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ (от 1-го котла);}$$

$$V_{ot.g.} = V_{дымососа} \times 4 = 4300 \cdot 4 = 17200 \text{ м}^3 / \text{ч} \text{ или } 4,78 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ (от 4-х котлов).}$$

Расчет выбросов оксидов азота

Суммарное количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO₂ (в г/с), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле 30 [4]:

$$M_{NO_x} = B_p \cdot Q_i^e \cdot K_{NO_2}^e \cdot \beta_k \cdot \beta_t \cdot \beta_\alpha \cdot (1 - \beta_e) \cdot (1 - \beta_\delta) \cdot k_n,$$

где:

- B_p - расчетный расход топлива, (м³/с);
- Q_i^e - низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³;
- K_{NO₂}^e - удельный выброс оксидов азота при сжигании газа, г/МДж.
- β_k - безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелки, в данном случае β_k = 1 (т.к. горелка дутьевая);
- β_t - безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения, β_t = 1,0;
- β_α - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота, в общем случае β_α = 1,225;
- β_g - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота (β_g = 0);
- β_δ - безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру (β_δ = 0);
- k_n - коэффициент пересчёта, при определении выбросов в граммах в секунду k_n = 1.

$$K_{NO_2}^r = 0,0113 \cdot \sqrt{Q_T^c} + 0,03;$$

где:

Q_T^c - фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, МВт.

При определении максимально-разовых выбросов оксидов азота, Q_T^c определяется по формуле:

$$Q_T^c = B_p \cdot Q_i^e, \text{ МВт};$$

$$Q_T^c = 33,5196 \cdot 0,029833 = 0,999991 MBm;$$

$$K_{NO_x}^c = 0,0113 \sqrt{0,999991} + 0,03 = 0,041300 \text{ г/МДж};$$

$$M_{NO_x}^c = 0,029833 \cdot 33,5196 \cdot 0,041300 \cdot 1 \cdot 1,225 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,051831 \text{ г/с};$$

$$M_{NO_2}^c = 0,051831 \cdot 0,8 = 0,041465 \text{ г/с (от 1-го котла);}$$

$$M_{NO_2}^c = 0,041465 \cdot 4 = 0,165860 \text{ г/с (от 4-х котлов);}$$

$$M_{NO}^c = 0,051831 \cdot 0,13 = 0,006738 \text{ г/с (от 1-го - котла);}$$

$$M_{NO}^c = 0,006738 \cdot 4 = 0,026952 \text{ г/с (от 4-х котлов);}$$

$$Q_T^c = \frac{B_p}{Time \cdot 3,6} \cdot Q_i^r = \frac{1047,54379}{5064 \cdot 3,6} \cdot 33,5196 = 1,926083 MBm;$$

$$K_{NO_x}^c = 0,0113 \sqrt{1,926083} + 0,03 = 0,045682 \text{ г/МДж};$$

$$M_{NO_x}^c = 1047,54379 \cdot 33,5196 \cdot 0,045682 \cdot 1 \cdot 1,225 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,964953 \text{ м/год};$$

$$M_{NO_2}^c = 1,964953 \cdot 0,8 = 1,5719624 \text{ м/год (от котельной);}$$

$$M_{NO}^c = 1,964953 \cdot 0,13 = 0,255444 \text{ м/год (от котельной).}$$

Расчет выбросов оксида углерода

Ориентировочная оценка суммарного количества выбросов оксида углерода M_{CO} (г/с, т/год) для паровых и водогрейных котлов проводится по формуле (40) [4]:

$$M_{CO} = 10^{-3} BC_{eo} \left(1 - \frac{q_4}{100} \right);$$

где:

- В - расход натурального топлива; при определении выбросов в граммах в секунду берется в ($\text{м}^3/\text{с}$), при определении выбросов в тоннах в год берется в ($\text{м}^3/\text{год}$);
 $B (\text{г/с}) = 10^3 \cdot \rho_r (\text{кг/нм}^3) \cdot B (\text{нм}^3/\text{с}) = 10^3 \cdot 0,6825 \cdot 0,029833 = 20,361022 (\text{г/с});$
 $B (\text{т/год}) = \rho_r (\text{кг/нм}^3) \cdot B (\text{тыс.нм}^3/\text{год}) = 0,6825 \cdot 1047,54379 = 714,948637 (\text{т/год}).$

C_{CO} - выход оксида углерода при сжигании топлива, (г/кг);

q_4 - потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива,

0,0518
0,098

%, $q_4 = 0$.

$$C_{CO} = q_3 R Q_i^r,$$

где:

- q_3 - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива:
 $q_3 = 0,2 \%$;
- R - коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода, $R = 0,5$;
- Q_i^r - низшая теплота сгорания топлива.
 $Q_i^r = 33,5196 \text{ (МДж/нм}^3\text{)} : 0,6825 \text{ кг/нм}^3 = 49,11 \text{ МДж/кг.}$

$$C_{CO} = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 49,11 = 4,911 \text{ г/кг;}$$

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot 20,361022 \cdot 4,911 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 0,099993 \text{ г/с (от 1-го котла);}$$

$$M_{CO} = 0,099993 \cdot 4 = 0,399972 \text{ г/с (от 4-х котлов);}$$

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot 714,948637 \cdot 4,911 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 3,511112 \text{ м/год (от котельной);}$$

Расчет выбросов бенз(а)пирена

Выброс бенз(а)пирена, поступающего в атмосферу с дымовыми газами (г/с, т/год) рассчитывается по уравнению (1) [4]:

$$M_{бп} = c_{бп} \cdot V_{сг} \cdot B_P \cdot k_n,$$

- $c_{бп}$ - массовая концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах при стандартном коэффициенте избытка воздуха $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях, мг/нм³.

Концентрация бенз(а)пирена в сухих продуктах сгорания природного газа на выходе из топочной зоны котлов малой мощности в нашем случае согласно рекомендациям рассчитывается по формуле:

$$\text{для } \alpha = 1,05 - 1,25 : \quad c_{бп}^e = 10^{-6} \cdot \frac{R \cdot (0,11 \cdot q_v - 7,0)}{e^{3,5(\alpha_m'' - 1)}} \cdot K_D \cdot K_P \cdot K_{cm},$$

где:

- α_m'' - коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания на выходе из топки, $\alpha_m'' = 1,2$;
- q_v - теплонапряжение топочного объема;
- K_D - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки котла на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, (определяется по графику рис. Е1 Приложения Е [4]); $K_D = 1$;
- K_P - коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, (определяется

- по графику рис. Е2 Приложения Е [4]); $K_P = 1$;
- K_{CT} коэффициент, учитывающий влияние ступенчатого сжигания на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, (определяется по графику рис. Е3 Приложения Е [4]); $K_{CT} = 1$;
- k_n коэффициент пересчета (при определении выбросов в граммах в секунду $k_n = 0,278 \cdot 10^{-3}$, а при определении выбросов в тоннах в год $k_n = 10^{-6}$).

Величина q_v рассчитывается по соотношению: $q_v = B_p Q_i^r / V_T$,

- B - фактический расход топлива на номинальной нагрузке, $\text{м}^3/\text{с}$;
- Q_i^r - низшая теплота сгорания топлива, $\text{кДж}/\text{м}^3$;
- V_T объем топочной камеры, м^3

$$q_v = \frac{0,029833 \cdot 33519,6}{0,94} = 1063,819391 \text{кВт} / \text{м}^3;$$

$$C_{6n}^2 = 10^{-6} \cdot \left(\frac{0,11 \cdot 1063,819391 - 7,0}{e^{3,5(1,2-1)}} \right) = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ мг} / \text{м}^3;$$

$$C_{6n} = 5,5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1,2}{1,4} = 5,72 \cdot 10^{-6} \text{ мг} / \text{нм}^{-3};$$

$$M_{6n} = 5,72 \cdot 10^{-6} \cdot 11,65 \cdot 107,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,278 \cdot 10^{-3} = 1,9 \cdot 10^{-9} \text{ г/с} \text{ (от 1 - го котла);}$$

$$M_{6n} = 1,9 \cdot 10^{-9} \cdot 4 = 7,6 \cdot 10^{-9} \text{ г/с} \text{ (от 4-х котлов);}$$

$$M_{6n} = 5,72 \cdot 10^{-6} \cdot 11,65 \cdot 1047,54379 \cdot 10^{-6} = 7,9 \cdot 10^{-8} \text{ т/год} \text{ (от котельной);}$$

Таблица 5
Мощность выбросов загрязняющих веществ от котла «Факел-Г»

Наименование вещества	Код	Максимально-разовый выброс, г/с	Валовый выброс, т/год
Азота диоксид	0301	0,165860	1,571962
Азота оксид	0304	0,026952	0,255444
Углерода оксид	0337	4,620387	3,511112
Бенз(а)пирен	0703	7,6 · 10 ⁻⁹	7,9 · 10 ⁻⁸

**Расчет мощности выбросов
от запорно-регулирующей арматуры ГРУ
/источник выброса № 0002/**

При вводе газопровода природного газа в спальный корпус через подвижные уплотнения в атмосферный воздух возможно выделение углеводородов предельных С₁-С₅, смеси природных меркаптанов (в пересчете на этилмеркаптан).

Величина неорганизованных выбросов в г/с через уплотнения всех аппаратов, агрегатов, трубопроводов, находящихся вне производственных зданий, рассчитывается по формуле [15]:

$$M_i^c = q_{Hy} \cdot n \cdot x \cdot 10^{-3},$$

где:

- q_{Hy} - величина утечки потока через одно фланцевое уплотнение, мг/с, согласно приложения 1;
- n - число неподвижных уплотнений, шт.;
- x - доля уплотнений, потерявших герметичность, в долях единицы.

В соответствии с п. 4.21. [16] концентрация этилмеркаптана в природном газе после одорирования должна составлять не более 0.016 г/м³. Содержание углеводородов предельных С₁-С₅ – 99.064 %.

Согласно технической характеристики ГРУ (см. приложение 7) в ней установлено 16 шаровых кранов (32 неподвижных фланцевых соединений) и 2 предохранительных клапана марки ПСК-50Н и КПЭГ-100:

$$M = (5,83 \cdot 32 \cdot 0,293 + 0,20 \cdot 0 \cdot 0,03 + 37,78 \cdot 2 \cdot 0,460) \cdot 10^{-3} = 0,089417 \text{ г/с};$$

$$B = 0,089417 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-6} = 2,819759 \text{ т/год.}$$

Объемная скорость истечения газа составит:

$$W = \frac{0,089417}{682,5} = 0,000132 \text{ м}^3/\text{с};$$

где:

- ρ_g - плотность газа, $\rho_g = 682,5 \text{ г/м}^3$;

Максимально-разовые выбросы составят:

$$M_{cl-cs} = 0,089417 \cdot 0,99064 = 0,088581 \text{ г/с};$$

Валовые выбросы составят:

$$B_{cl-cs} = 2,819759 \cdot 0,99064 = 2,793367 \text{ т/год.};$$

Максимально-разовые и годовые выбросы меркаптанов составят:

$$M_{C2H5SH} = 0,000132 \cdot 0,016 = 0,000002 \text{ г/с};$$

$$B_{C2H5SH} = 0,000002 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-6} = 0,000064 \text{ т/год.}$$

Таблица 6

Суммарная мощность выбросов загрязняющих веществ от запорно-регулирующей арматуры ГРУ /источник №0002/

Вещество	Код	Максимально разовый выброс, г/с	Валовый выброс, т/год
Углеводороды С ₁ -С ₅	0415	0,088581	2,793367
Смесь природных меркаптанов	1716	0,000002	0,000064

Расчет мощности выбросов загрязняющих веществ от служебного автотранспорта, хранящегося в отапливаемом гараже /источники № 0003 – № 0006/

Расчет выбросов загрязняющих веществ от дорожно-строительной техники

Расчет выбросов от дорожно-строительных машин (трактор МТЗ-82) проводится как для дорожно-строительных машин, в соответствии с методикой [19], по основным загрязняющим веществам, содержащимся в отработавших газах дизельных двигателей: азота диоксид, азота оксид, сажа, серы диоксид, углерода оксид и керосин.

Расчет выбросов для машин, хранящихся на закрытых отапливаемых стоянках, производится по показателям, характеризующим теплый период года, для всего расчетного периода.

Максимально разовый выброс i-го вещества G_i рассчитывается по формуле (2.5) [19]:

$$G_i = \frac{\sum_{k=1}^k (m_n \cdot t_n + m_{np} \cdot t_{np} + m_{ob} \cdot t_{ob} + m_{xxik} \cdot t_{xx}) \cdot N_k}{3600} \text{ г/с,}$$

где:

- m_{nik} - удельный выброс i-го вещества пусковым двигателем, г/мин, принимается по табл. 2.1 [19];
- m_{npik} - удельный выброс i-го вещества при прогреве двигателя машины k-й группы, г/мин, принимается по табл. 2.2 [19];
- m_{gbik} - удельный выброс i-го вещества при движении машины k-й группы по территории с условно постоянной скоростью, г/мин, принимается по табл. 2.3 [19];
- m_{xxik} - удельный выброс i-го компонента при работе двигателя на холостом

- ходу г/мин, принимается по табл. 2.4 [19];
- $t_n, t_{пр}$ - время работы пускового двигателя и прогрева двигателя составляет 2 мин, табл. 2.7 [19];
- t_{gb1}, t_{gb2} - время движения машины по территории при выезде и возврате, мин;
- t_{xx1}, t_{xx2} - время работы двигателя на холостом ходу при выезде и возврате = 1 мин;
- $N'k$ - наибольшее количество дорожных машин, выезжающих со стоянки в течение одного часа.

Результаты расчетов сведены в таблицы 7.

Таблица 7

Выбросы от дорожной техники с N дв 36 - 60 кВт

Дизельный двигатель

Период	t движ. твд1, твд2 мин	t хол. хода тхх1, тхх2 мин.	t пуск. дв. тп. мин	Dр дн/год	t прогрева мин.	N машин (кол-во)	
						сут.	час
теплый	1	1	1	153	2	1	1
переход.	1	1	1	91	2	1	1
хол. 1	1	1	1	62	2	1	1
хол. 2	1	1	1	59	2	1	1
т пусковым двигателем., г/мин							
CO		CH		NOx		SO2	
23,3		5,8		1,2		0,029	
Период	т пробег г/км	т прогр. г/мин.	т хол. хода г/мин.	M' г	M'' г	G г/сек	M т/год
1	2	3	4	5	6	7	8
Углерода оксид							
теплый	0,77	1,4	1,44	28,31	2,21	0,007864	0,004670
переход.	0,77	1,4	1,44	28,31	2,21	0,007864	0,002777
хол. 1	0,77	1,4	1,44	28,31	2,21	0,007864	0,001892
хол. 2	0,77	1,4	1,44	28,31	2,21	0,007864	0,001801
Всего		0,011140					
Керосин							
теплый	0,26	0,18	0,18	6,6	0,44	0,001833	0,001077
переход.	0,26	0,18	0,18	6,6	0,44	0,001833	0,000641
хол. 1	0,26	0,18	0,18	6,6	0,44	0,001833	0,000436
хол. 2	0,26	0,18	0,18	6,6	0,44	0,001833	0,000415
Всего		0,002570					
Азота диоксид							
теплый	1,49	0,29	0,29	3,56	1,78	0,000989	0,000817
переход.	1,49	0,44	0,29	3,86	1,78	0,001072	0,000513
хол. 1	1,49	0,44	0,29	3,86	1,78	0,001072	0,000350
хол. 2	1,49	0,44	0,29	3,86	1,78	0,001072	0,000333
Всего		0,002013					
Сажа							
теплый	0,17	0,04	0,04	0,29	0,21	0,000081	0,000077
переход.	0,17	0,04	0,04	0,29	0,21	0,000081	0,000046
хол. 1	0,17	0,04	0,04	0,29	0,21	0,000081	0,000031
хол. 2	0,17	0,04	0,04	0,29	0,21	0,000081	0,000030
Всего		0,000183					
Серы диоксид							
теплый	0,12	0,058	0,058	0,323	0,178	0,000090	0,000077
переход.	0,12	0,058	0,058	0,323	0,178	0,000090	0,000046
хол. 1	0,12	0,058	0,058	0,323	0,178	0,000090	0,000031
хол. 2	0,12	0,058	0,058	0,323	0,178	0,000090	0,000030
Всего		0,000183					

С учетом коэффициентов трансформации оксидов азота (NO_2 – 0,8 и NO – 0,13):

$$\text{M}(\text{NO}_2) = 0,000858 \text{ г/сек}$$

$$\text{M}(\text{NO}_2) = 0,001610 \text{ т/год}$$

$$\text{M}(\text{NO}) = 0,000139 \text{ г/сек}$$

$$\text{M}(\text{NO}) = 0,000262 \text{ т/год}$$

*Расчет выбросов загрязняющих веществ
от автомобилей и автобусов*

Расчет максимально разовых выбросов от всех групп автомобилей проводится в соответствии с методикой [17], по основным загрязняющим веществам, содержащимся в отработавших газах бензиновых двигателей: азота диоксид, азота оксид, ангидрид сернистый, углерода оксид, бензин нефтяной и керосин.

Для теплых закрытых стоянок удельные выбросы загрязняющих веществ в холодный и переходный период года принимаются равными удельным выбросам в теплый период.

Время работы автомобилей на холостом ходу 1 минута. Так как гараж является теплым (температура воздуха в боксах гаража зимой +5°C) время прогрева принято 1,5 минуты.

Для определения выбросов принята расчетная схема № 1. Пробег автомобиля по территории и при въезде (выезде) в гаражные боксы составляет ~ 0,02 км (усредненная величина).

Максимально разовый выброс i -го вещества G_i рассчитывается по формулам:

$$\text{выезд: } M_{1ik} = m_{prik} \cdot t_{pr} + m_{lik} \cdot L_1 + m_{xxik} \cdot t_{xx}, \text{ г; } \quad (2.1)$$

$$\text{въезд: } M_{2ik} = m_{lik} \cdot L_2 + m_{xxik} \cdot t_{xx}, \text{ г, } \quad (2.2)$$

где:

m_{prik} - удельный выброс i -го вещества при прогреве двигателя автомобиля, г/мин., принимается по табл. [17];

m_{lik} - пробеговый выброс i -го вещества автомобилем, г/км, принимается по табл. [17];

m_{xxik} - удельный выброс i -го вещества при работе двигателя автомобиля на холостом ходу, г/мин., принимается по табл. [17];

t_{pr} - время прогрева двигателя, мин., принимается по табл. 2.20 [17] в зависимости от температуры воздуха;

L_1, L_2 - пробег автомобиля по территории, км;

t_{xx} - время работы двигателя на холостом ходу при въезде (выезде), $t_{xx} = 1$ мин.

Удельные выбросы загрязняющих веществ от различных групп автомобилей принимаются [17]:

- для легкового иностранного автомобиля – по табл. 2.4-2.6;
- для грузовых автомобилей, произведенных в странах СНГ, – по табл.

2.7-2.9;

- для автобусов, произведенных в странах СНГ, принимается – по табл. 2.13-2.15.

Максимально разовый выброс i -го вещества G_i' рассчитывается для

каждого периода по формуле:

$$G_i = \frac{\sum_{k=1}^K (m_{npik} t_{np} + m_{Lik} L_1 + m_{xxik} t_{xx1}) N_k}{3600}, \text{ г/с}$$

где:

- N_k - количество автомобилей k -й группы, выезжающих со стоянки за 1 час, характеризующийся максимальной интенсивностью выезда автомобилей.

Выброс бенз(а)пирена (г/с) при движении автомобиля определяется по формуле [18]:

$$G_{\delta(a)n} = \frac{L}{3600} \cdot \sum_i^k M_{k,i}^n \cdot G_k \cdot K_{v_{k,i}} \text{ г/с};$$

где:

- L - пробег автомобиля по территории, км; в данном случае $L=0,02$ км;
- $M_{k,i}^n$ - пробеговый выброс б(а)п автомобилями k -й группы, определяемый по табл. II.1 [18];
- G_k - наибольшее количество автомобилей каждой из K групп, проезжающих по территории объекта в течение часа;
- $K_{v_{k,i}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения автотранспорта (км/час), определяемый по табл. II.2 [18]]; $K_{v_{k,i}} = 1,35$, т.к. скорость движения составляет не более 10 км/ч.

Пробеговый выброс бенз(а)пирена $M_{k,i}^n$ равен:

- для легковыми автомобилями с карбюраторными двигателями – $1,7 \cdot 10^{-6}$ г/км;
- для грузовых автомобилей с карбюраторными двигателями грузоподъемностью более 3 т – $6,3 \cdot 10^{-6}$ г/км;
- для автобусов с дизельным двигателями – $6,7 \cdot 10^{-6}$ г/км.

Результаты расчетов представлены в таблицы 8 - 12.

Таблица 8

Выбросы от автобусов: длина 8.0 - 10.0 м (средний)

Дизельный двигатель

Период	L пробега км	t хол.хода мин.	A выпуск- ка (год)	Dр дн/год	t прогрева мин.	N машин (кол-во)	
						сут.	час
теплый	0,02	1	1	153	1,5	1	1
переход.			1	91	1,5	1	1
хол. 1			1	62	1,5	1	1
хол. 2			1	59	1,5	1	1
Период	m пробег г/км	m прогр. г/мин.	m хол. хода г/мин.	M1 г	M2 г	G г/сек	M т/год
1	2	3	4	5	6	7	8
Углерода оксид							
теплый	5,1	2,8	2,8	7,102	2,902	0,001973	0,001531
переход.	5,58	3,96	2,8	8,8516	2,9116	0,002459	0,001070
хол. 1	6,2	4,4	2,8	9,524	2,924	0,002646	0,000772
хол. 2	6,2	4,4	2,8	9,524	2,924	0,002646	0,000734
						Всего	0,004107
Керосин							
теплый	0,9	0,4	0,3	0,918	0,318	0,000255	0,000189
переход.	0,99	0,72	0,3	1,3998	0,3198	0,000388	0,000156
хол. 1	1,1	0,8	0,3	1,522	0,322	0,000423	0,000114
хол. 2	1,1	0,8	0,3	1,522	0,322	0,000423	0,000109
						Всего	0,000568
Азота оксиды							
теплый	3,5	0,6	0,6	1,57	0,67	0,000436	0,000342
переход.	3,5	0,8	0,6	1,87	0,67	0,000519	0,000231
хол. 1	3,5	0,8	0,6	1,87	0,67	0,0005519	0,000157
хол. 2	3,5	0,8	0,6	1,87	0,67	0,000519	0,000149
						Всего	0,000879
Серы диоксид							
теплый	0,45	0,09	0,09	0,234	0,099	0,000065	0,000051
переход.	0,504	0,0972	0,09	0,24588	0,10008	0,000068	0,000031
хол. 1	0,56	0,108	0,09	0,2632	0,1012	0,000073	0,000023
хол. 2	0,56	0,108	0,09	0,2632	0,1012	0,000073	0,000021
						Всего	0,000127
Сажа							
теплый	0,2	0,03	0,03	0,079	0,034	0,000022	0,000017
переход.	0,27	0,108	0,03	0,1974	0,0354	0,000055	0,000021
хол. 1	0,3	0,12	0,03	0,216	0,036	0,000060	0,000016
хол. 2	0,3	0,12	0,03	0,216	0,036	0,000060	0,000015
						Всего	0,000069

С учетом коэффициентов трансформации оксидов азота (NO_2 – 0,8 и NO – 0,13):

$$\text{M}(\text{NO}_2) = \mathbf{0,000415} \text{ г/сек}$$

$$\text{M}(\text{NO}_2) = \mathbf{0,000067} \text{ т/год}$$

$$\text{M}(\text{NO}) = \mathbf{0,000070} \text{ г/сек}$$

$$\text{M}(\text{NO}) = \mathbf{0,000114} \text{ т/год}$$

Таблица 9

Выбросы от грузового автотранспорта грузоподъемностью Р=2-5т

Бензиновый двигатель

Период	L пробега км	t хол.хода мин.	A выпуска (год)	Dр дн/год	t прогрева мин.	N машин (кол-во)	
						сут.	час
теплый	0,02	1	1	153	1,5	1	1
переход.			1	91	1,5	1	1
хол. 1			1	62	1,5	1	1
хол. 2			1	59	1,5	1	1
*А выпускa (час)						0,5	0,5
Период	m пробег г/км	m прогр. г/мин.	m хол. хода г/мин.	M1 г	M2 г	G г/сек	M т/год
1	2	3	4	5	6	7	8
Углерода оксид							
теплый	29,7	15	10,2	33,294	10,794	0,009248	0,006746
переход.	33,57	25,29	10,2	48,8064	10,8714	0,013557	0,005431
хол. 1	37,3	28,1	10,2	53,096	10,946	0,014749	0,003970
хол. 2	37,3	28,1	10,2	53,096	10,946	0,014749	0,003779
Всего							0,019926
Бензин нефтяной							
теплый	5,5	1,5	1,7	4,06	1,81	0,001128	0,000898
переход.	6,21	3,42	1,7	6,9542	1,8242	0,001932	0,000799
хол. 1	6,9	3,8	1,7	7,538	1,838	0,002094	0,000581
хол. 2	6,9	3,8	1,7	7,538	1,838	0,002094	0,000554
Всего							0,002832
Азота оксиды							
теплый	0,8	0,2	0,2	0,516	0,216	0,000143	0,000112
переход.	0,8	0,3	0,2	0,666	0,216	0,000185	0,000081
хол. 1	0,8	0,3	0,2	0,666	0,216	0,000185	0,000055
хол. 2	0,8	0,3	0,2	0,666	0,216	0,000185	0,000053
Всего							0,000301
Серы диоксид							
теплый	0,15	0,02	0,02	0,053	0,023	0,000015	0,000012
переход.	0,171	0,0225	0,02	0,05717	0,02342	0,000016	0,000007
хол. 1	0,19	0,025	0,02	0,0613	0,0238	0,000017	0,000005
хол. 2	0,19	0,025	0,02	0,0613	0,0238	0,000017	0,000005
Всего							0,000029

С учетом коэффициентов трансформации оксидов азота (NO_2 – 0,8 и NO – 0,13):

$$\text{M}(\text{NO}_2) = \mathbf{0,000148} \text{ г/сек} \quad \text{M}(\text{NO}_2) = \mathbf{0,000241} \text{ т/год}$$

$$\text{M}(\text{NO}) = \mathbf{0,000024} \text{ г/сек} \quad \text{M}(\text{NO}) = \mathbf{0,000039} \text{ т/год}$$

Таблица 10

Выбросы от легкового автотранспорта с объемом двигателя V=1,8-3,5 л**Бензиновый двигатель**

Период	L пробега км	t хол.хода мин.	A выпуск- ка (год)	Dр дн/год	t прогрева мин.	N машин (кол-во)	
						сут.	час
теплый	0,02	1	1	153	1,5	1	1
переход.			1	91	1,5	1	1
хол. 1			1	62	1,5	1	1
хол. 2			1	59	1,5	1	1
*А выпускa (час)							
				0,5	0,5	0,5	0,5
Период	m пробег г/км	m прогр. г/мин.	m хол. хода г/мин.	M1 г	M2 г	G г/сек	M т/год
1	2	3	4	5	6	7	8
Углерода оксид							
теплый	13,2	4,5	3,5	10,514	3,764	0,002921	0,002184
переход.	13,2	4,5	3,5	10,514	3,764	0,002921	0,001230
хол. 1	13,2	4,5	3,5	10,514	3,764	0,002921	0,000885
хол. 2	13,2	4,5	3,5	10,514	3,764	0,002921	0,000084
Всего							0,004383
Бензин нефтяной							
теплый	1,7	0,44	0,35	1,044	0,384	0,000290	0,000218
переход.	1,7	0,44	0,35	1,044	0,384	0,000290	0,000129
хол. 1	1,7	0,44	0,35	1,044	0,384	0,000290	0,000088
хол. 2	1,7	0,44	0,35	1,044	0,384	0,000290	0,000084
Всего							0,000519
Азота оксиды							
теплый	0,24	0,03	0,03	0,0798	0,0348	0,000023	0,000017
переход.	0,24	0,03	0,03	0,0798	0,0348	0,000023	0,000011
хол. 1	0,24	0,03	0,03	0,0798	0,0348	0,000023	0,000007
хол. 2	0,24	0,03	0,03	0,0798	0,0348	0,000023	0,000007
Всего							0,000042
Серы диоксид							
теплый	0,063	0,012	0,011	0,03026	0,01226	0,000004	0,000007
переход.	0,063	0,012	0,011	0,03026	0,01226	0,000004	0,000004
хол. 1	0,063	0,012	0,011	0,03026	0,01226	0,000004	0,000003
хол. 2	0,063	0,012	0,011	0,03026	0,01226	0,000004	0,000003
Всего							0,000016

С учетом коэффициентов трансформации оксидов азота (NO_2 – 0,8 и NO – 0,13):

$$\text{M}(\text{NO}_2) = 0,000018 \text{ г/сек} \quad \text{M}(\text{NO}_2) = 0,000034 \text{ т/год}$$

$$\text{M}(\text{NO}) = 0,000003 \text{ г/сек} \quad \text{M}(\text{NO}) = 0,000005 \text{ т/год}$$

Таблица 11

Расчет мощности выбросов бенз(а)пирена от автотранспорта

Источник	Вещество	Период	L, км	M ^п , г/км	G _k	K _v	M, г/с	G, т/г
Легковой автотранспорт (бензиновый)	Бенз(а)пирен	год	0,02	1,7·10 ⁻⁶	1	1,35	1,3·10 ⁻¹¹	4,1·10 ⁻¹⁰
Грузовой автотранспорт (бензиновый)	Бенз(а)пирен	год	0,02	6,3·10 ⁻⁶	1	1,35	4,8·10 ⁻¹¹	1,5·10 ⁻⁹
Автобус (дизельный)	Бенз(а)пирен	год	0,02	6,7·10 ⁻⁶	1	1,35	5,1·10 ⁻¹¹	1,6·10 ⁻⁹

Суммарные выбросы загрязняющих веществ от легкового автомобиля, грузового автомобиля, грузоподъемностью более 3 тонн, автобуса среднего класса, одного трактора, размещающихся в теплом гараже, приведены в таблице 12.

Суммарная мощность выбросов загрязняющих веществ
источник выброса №0003 - №0006/

Наименование вещества	Код	Максимально разовый выброс, г/с	Валовый выброс, т/год
Азота диоксид	0301	0,001439	0,001955
Азота оксид	0304	0,000233	0,000420
Сажа	0328	0,000141	0,000252
Серы диоксид	0330	0,000184	0,000355
Углерода оксид	0337	0,028180	0,039549
Бенз(а)пирен	0703	1,12·10 ⁻¹⁰	3,51·10 ⁻⁹
Бензин нефтяной	2704	0,002384	0,003351
Керосин	2732	0,002256	0,003138

Расчет мощности выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта, хранящегося на гостевой автостоянке (источник выброса №6001)

Общая вместимость гостевой автостоянки составляет 31 м/м.

Мощности выбросов загрязняющих веществ от открытой гостевой стоянки рассчитаны в соответствии с [17]. Расчеты максимально-разовых выбросов загрязняющих веществ произведены для легковых отечественных автомобилей с карбюраторными двигателями ($V_{ДВС}$ от 1,8 до 3,5 л).

Для определения выбросов принята расчетная схема № 1.

Пробег автомобиля по территории и при въезде (выезде) на автостоянку и составляет ~ 0,04 км (усредненная величина).

Расчет выбросов загрязняющих веществ в день при выезде (M_{1ik}) и въезде (M_{2ik}) производим для пяти веществ азота диоксид, азота оксид, сера диоксид, углерода оксид и бензин нефтяной по формулам:

$$\text{выезд: } M_{1ik} = m_{npi k} \cdot t_{np} + m_{Lik} \cdot L_1 + m_{xxik} \cdot t_{xx}, \text{ г; } \quad (2.1)$$

$$\text{въезд: } M_{2ik} = m_{Lik} \cdot L_2 + m_{xxik} \cdot t_{xx}, \text{ г, } \quad (2.2)$$

где:

$m_{npi k}$ - удельный выброс i-го вещества при прогреве двигателя автомобиля, г/мин., принимается по табл. 2.7 [17];

m_{Lik} - пробеговый выброс i-го вещества автомобилем, г/км, принимается по табл. 2.8 [17];

m_{xxik} - удельный выброс i-го вещества при работе двигателя автомобиля на холостом ходу, г/мин., принимается по табл. 2.9 [17];

t_{np} - время прогрева двигателя, мин., принимается по табл. 2.20 [17] в зависимости от температуры воздуха;

L_1, L_2 - пробег автомобиля по территории, км;

t_{xx} - время работы двигателя на холостом ходу при въезде (выезде), $t_{xx} = 1$ мин.

Максимально разовый выброс i-го вещества G_i' рассчитывается для каждого периода по формуле:

$$G_i' = \frac{\sum_{K=1}^K (m_{npi k} t_{np} + m_{Lik} L_1 + m_{xxik} t_{xx}) N_k'}{3600}, \text{ г/с}$$

где:

N_k' - количество автомобилей k-й группы, выезжающих со стоянки за 1 час, характеризующийся максимальной интенсивностью выезда автомобилей.

Выброс бенз(а)пирена (г/с) при движении автомобиля определяется по формуле [18]:

$$G_{\delta(a)n} = \frac{L}{3600} \cdot \sum_l^k M_{k,i}^n \cdot G_k \cdot K_{v_{k,l}}$$

где:

- L - пробег автомобиля по территории, км; в данном случае $L=0,04$ км;
- $M_{k,i}^n$ - пробеговый выброс бенз(а)пирена автомобилями k -й группы, определяемый по табл. II.1 [18]; $M_{k,i}^n = 1,7 \cdot 10^{-6}$ г/км;
- G_k - наибольшее количество автомобилей каждой из K групп, проезжающих по территории объекта в течение часа; $G_k = 3$ авт.
- $K_{v_{k,l}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения автотранспорта (км/час), определяемый по табл. II.2 [18]]; $K_{v_{k,l}} = 1,35$, т.к. скорость движения составляет не более 10 км/ч.

Результаты расчетов сведены в таблицы 13 - 15.

Таблица 13

Выбросы от легкового автотранспорта с раб. объемом двигателя V=1,8-3,5 л**Бензиновый двигатель**

Период	L пробега км	t хол.хода мин.	A выпуск- ка (год)	Dр дн/год	t прогре- ва мин.	N машин (кол-во)	
						сут.	час
теплый	0,04	1	1	153	3	31	3,0
переход.			1	91	4	31	3,0
хол. 1			1	62	10	31	3,0
хол. 2			1	59	15	31	3,0
Период	m пробег г/км	m прогр. г/мин.	m хол. хода г/мин.	M1 г	M2 г	G г/сек	M т/год
1	2	3	4	5	6	7	8
Углерода оксид							
теплый	17	5	4,5	20,18	5,18	0,016817	0,116402
переход.	19,17	8,19	4,5	38,0268	5,2668	0,031689	0,118192
хол. 1	21,3	9,1	4,5	96,352	5,352	0,080293	0,189169
хол. 2	21,3	9,1	4,5	141,852	5,352	0,118210	0,260551
							Всего 0,684314
Бензин нефтяной							
теплый	1,7	0,65	0,4	2,418	0,468	0,002015	0,013247
переход.	2,25	0,9	0,4	4,09	0,49	0,003408	0,012503
хол. 1	2,5	1	0,4	10,5	0,5	0,008750	0,020460
хол. 2	2,5	1	0,4	15,5	0,5	0,012917	0,028320
							Всего 0,074530
Азота оксиды							
теплый	0,4	0,05	0,05	0,216	0,066	0,000180	0,001294
переход.	0,4	0,07	0,05	0,346	0,066	0,000288	0,001125
хол. 1	0,4	0,07	0,05	0,766	0,066	0,000638	0,001548
хол. 2	0,4	0,07	0,05	1,116	0,066	0,000930	0,002092
							Всего 0,006059
Серы диоксид							
теплый	0,07	0,013	0,012	0,0538	0,0148	0,000045	0,000315
переход.	0,081	0,0144	0,012	0,07284	0,01524	0,000061	0,000240
хол. 1	0,09	0,016	0,012	0,1756	0,0156	0,000146	0,000356
хол. 2	0,09	0,016	0,012	0,2556	0,0156	0,000213	0,000480
							Всего 0,001391

С учетом коэффициентов трансформации оксидов азота (NO_2 – 0,8 и NO – 0,13)

$$\text{M}(\text{NO}_2) = 0,000744 \text{ г/сек} \quad \text{M}(\text{NO}_2) = 0,004847 \text{ т/год}$$

$$\text{M}(\text{NO}) = 0,000121 \text{ г/сек} \quad \text{M}(\text{NO}) = 0,000788 \text{ т/год}$$

Таблица 14

Расчет мощности выбросов бенз/а/пирена от легкового автотранспорта

Источник	Вещество	Период	L, км	M ^п , г/км	G _k	K _v	M, г/с	G, т/г
Легковой автотранспорт (бензиновый)	Бенз(а)пирен	год	0,04	1,7·10 ⁻⁶	3	1,35	7,6·10 ⁻¹¹	2,4·10 ⁻⁹

Таблица 15

Суммарная мощность выбросов загрязняющих веществ /источник выброса №6001/

Наименование вещества	Код	Максимально разовый выброс, г/с	Валовый выброс, т/год
Азота диоксид	0301	0,000744	0,004847
Азота оксид	0304	0,000121	0,000788
Серы диоксид	0330	0,000213	0,001391
Углерода оксид	0337	0,118210	0,684314
Бенз(а)пирен	0703	7,6·10 ⁻¹¹	2,4·10 ⁻⁹
Бензин нефтяной	2704	0,012917	0,074530