

**Расчет предотвращенного
экономического ущерба
предприятия от выбросов в
атмосферу NO_x от котельных
установок**

- **Исходные условия:**
- Среднегодовая концентрация (C_r) окислов азота (NO_x) в уходящих газах составляет **1123 мг/м³**.
- Объем дымовых газов (V_r) от всех котлов равен **405976 м³/ч**. (19332+96661+289983)
- Среднегодовая разность температур ($t_r - t_b$) **$\Delta t = 142^\circ\text{C}$** .
- Средняя скорость ветра **3,6 м/с**.
- Котельные установки работают **8000ч/год**.
Режим работы непрерывный.
- Высота труб **H : 180, 90, 60 (м)**.

1. Определяем безразмерную поправку, учитывающую тепловой подъем факела по формуле:

$$\begin{aligned}\varphi &= 1 + (\Delta t / 75) = \\ &= 1 + (142 / 75) = 2,89.\end{aligned}$$

2. Находим внутренний и внешний радиусы ЗАЗ:

(ЗАЗ - площадь зоны активного загрязнения)

Высота трубы $H = 180$ м:

$$\bullet R_{\text{ЗАЗ ВНУТР.}} = 2 \cdot \varphi \cdot H = 2 \cdot 2,89 \cdot 180 = 1041,6 \text{ м.}$$

$$\bullet R_{\text{ЗАЗ ВНЕШ.}} = 20 \cdot \varphi \cdot H = 20 \cdot 2,89 \cdot 180 = 10410,6 \text{ м.}$$

(при $H \geq 10$ м)

Высота трубы $H = 90$ м.

$$R_{\text{ЗАЗ ВНУТР.}} = 2 \cdot \varphi \cdot H = 2 \cdot 2,89 \cdot 90 = 520,2 \text{ м.}$$

$$R_{\text{ЗАЗ ВНЕШ.}} = 20 \cdot \varphi \cdot H = 20 \cdot 2,89 \cdot 90 = 5202 \text{ м.}$$

Высота трубы $H = 60$ м.

$$R_{\text{ЗАЗ ВНУТР.}} = 2 \cdot \varphi \cdot H = 2 \cdot 2,89 \cdot 60 = 346,8 \text{ м.}$$

$$R_{\text{ЗАЗ ВНЕШ.}} = 20 \cdot \varphi \cdot H = 20 \cdot 2,89 \cdot 60 = 3468 \text{ м.}$$

3. Определяем общую площадь (S) ЗАЗ:

- Так как $S_{\text{ЗАЗ}}$ это кольцо, тогда:
- $$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi \cdot [(R_{\text{ЗАЗ ВНЕШ}})^2 - (R_{\text{ЗАЗ ВНУТР}})^2] =$$
$$= 3,14 \cdot (10410,6^2 - 1041,6^2) =$$
$$= 340315,06 - 34066,8 = 306248,26 \text{ га.}$$

4. Для центральной части города применяется безразмерный коэффициент $\sigma = 8$

- **5.** Величина поправки f , с учетом данных предприятия :
- при значении коэффициента (очистки) улавливания $\eta = 1$ (т.е. не менее 90%), и скорости ветра $U = 3,6$ м/с.
- Для труб : №1, высота $H=180$ м, $f = 0,19$
- №2, высота $H=90$ м, $f = 0,23$
- №3, высота $H=60$ м, $f = 0,133$.

- **6. Находим массу выбросов NO_x .**
- №1: $M_{\text{Nox}} = V_{\Gamma} \cdot C_{\text{Nox}} =$
 $= 19332 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 1123 \text{ мг}/\text{м}^3 = 21709836 \text{ мг}/\text{ч} =$
 $= 173,67 \text{ т}/\text{год}$
- №2: $M_{\text{Nox}} = V_{\Gamma} \cdot C_{\text{Nox}} =$
 $= 96661 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 1123 \text{ мг}/\text{м}^3 = 108550303 \text{ мг}/\text{ч} =$
 $= 868,40 \text{ т}/\text{год}$
- №3: $M_{\text{Nox}} = V_{\Gamma} \cdot C_{\text{Nox}} =$
 $= 289983 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 1123 \text{ мг}/\text{м}^3 = 325650909 \text{ мг}/\text{ч} =$
 $= 2605,2 \text{ т}/\text{год}$
- **$M_{\text{Nox}} = 173,67 + 868,40 + 2605,2 =$**
 $= 3647,27 \text{ т}/\text{год}.$

- 7. Приведенная масса годового выброса определяется: $\mu = A_{\text{NO}_x} M_{\text{NO}_x}$.

где A_{NO_x} - показатель относительной агрессивности
 $A_{\text{NO}_x} = 41,5$.

- 8. Приведенная масса годового выброса будет равна:

- №1: $\mu = A_{\text{NO}_x} \cdot M_{\text{NO}_x} = 41,5 \cdot 173,67 =$
 $= 7207,305$ усл.т/год

- №2: $\mu = A_{\text{NO}_x} \cdot M_{\text{NO}_x} = 41,5 \cdot 868,40 =$
 $= 36038,6$ усл.т/год

- №3: $\mu = A_{\text{NO}_x} \cdot M_{\text{NO}_x} = 41,5 \cdot 2605,207 =$
 $= 108116,09$ усл.т/год

- **9. Экономический ущерб от выбросов в атмосферу оксидов азота составит:**

$$\begin{aligned} Y_{\text{АТМ}} &= Y^1_{\text{АТМ}} \cdot \sigma \cdot f \cdot \mu = \\ &= 2,4 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 34660,8 = 1996,462 \text{ тыс.руб/год} \end{aligned}$$

- №1: $M_{\text{Nox}} = 173,67$ т/год
- $M_{\text{NO}_2} = M_{\text{Nox}} \cdot 0,8 = 138,936$ т/год
- $M_{\text{NO}} = M_{\text{Nox}} \cdot 0,13 = 22,57$ т/год
- $M_{\text{N}_2\text{O}} = 173,67 - (138,936 + 22,57) = 12,15$ т/год
- $\mu_{\text{NO}_2} = A_{\text{NO}_2} \cdot M_{\text{NO}_2} = 41,5 \cdot 138,936 = 5765,84$ усл.т/год
- $\mu_{\text{NO}} = A_{\text{NO}} \cdot M_{\text{NO}} = 41,5 \cdot 22,57 = 936,655$ усл.т/год
- $Y_{\text{ATM NO}_2} = Y^1_{\text{ATM}} \cdot \sigma \cdot f \cdot \mu = 35 \cdot 8 \cdot 1,49 \cdot 5765,84 = 2405,508$ тыс.руб/год
- $Y_{\text{ATM NO}} = Y^1_{\text{ATM}} \cdot \sigma \cdot f \cdot \mu = 52 \cdot 8 \cdot 1,49 \cdot 936,655 = 580,576$ тыс.руб/год

- №2: $M_{NOx} = 868,40$ т/год
- $M_{NO_2} = M_{NOx} \cdot 0,8 = 694,72$ т/год
- $M_{NO} = M_{NOx} \cdot 0,13 = 112,89$ т/год
- $M_{N_2O} = 868,40 - (694,72 + 112,89) = 60,78$ т/год
- $\mu_{NO_2} = A_{NO_2} \cdot M_{NO_2} = 41,5 \cdot 694,72 = 28830,88$ усл.т/год
- $\mu_{NO} = A_{NO} \cdot M_{NO} = 41,5 \cdot 112,89 = 4684,93$ усл.т/год
- $Y_{ATM NO_2} = Y^1_{ATM} \cdot \sigma \cdot f \cdot \mu = 35 \cdot 8 \cdot 0,23 \cdot 28830,88 = 1856,708$ тыс.руб/год
- $Y_{ATM NO} = Y^1_{ATM} \cdot \sigma \cdot f \cdot \mu = 52 \cdot 8 \cdot 0,23 \cdot 4684,93 = 448,254$ тыс.руб/год

- №3 : $M_{NOx} = 2605,207$ т/год
- $M_{NO_2} = M_{NOx} \cdot 0,8 = 2084,16$ т/год
- $M_{NO} = M_{NOx} \cdot 0,13 = 338,67$ т/год
- $M_{N_2O} = 2605,207 - (2084,16 + 338,67) = 182,37$ т/год
- $\mu_{NO_2} = A_{NO_2} \cdot M_{NO_2} = 41,5 \cdot 2084,16 = 86492,6$ усл.т/год
- $\mu_{NO} = A_{NO} \cdot M_{NO} = 41,5 \cdot 338,67 = 14054,805$ усл.т/год
- $Y_{ATM NO_2} = Y^1_{ATM} \cdot \sigma \cdot f \cdot \mu = 35 \cdot 8 \cdot 0,133 \cdot 86492,6 = 3220,984$ тыс.руб/год
- $Y_{ATM NO} = Y^1_{ATM} \cdot \sigma \cdot f \cdot \mu = 52 \cdot 8 \cdot 0,133 \cdot 14054,805 = 777,624$ тыс.руб/год

- **10. Общий экономический ущерб от выбросов NO_x в атмосферу составит :**

- $$Y_{\text{АТМ}} = (2405,508 + 580,576) +$$

$$+(1856,708 + 448,254) +$$

- $$+(3220,984 + 777,624) =$$

$$= 9289,656 \text{ тыс.руб/год.}$$

11. Экономический эффект от снижения выбросов оксидов азота на 40%

- составит: $9289,656 \cdot 0,4 = 3715,862$ тыс.руб/год (*это называется предотвращенный экономический ущерб предприятия*).
- **Вывод** : При введении в эксплуатацию конденсационных утилизаторов тепла выброс оксидов азота в среднем снижается на 40%, тем самым общий экономический ущерб в атмосферу снизится до 5573,794 тыс.руб/год.