

**Расчет предотвращенного  
экономического ущерба  
предприятия от выбросов в  
атмосферу  $\text{NO}_x$  от котельных  
установок**

- **Исходные условия:**
- Среднегодовая концентрация ( $C_r$ ) окислов азота ( $NO_x$ ) в уходящих газах составляет **1123 мг/м<sup>3</sup>**.
- Объем дымовых газов ( $V_r$ ) от всех котлов равен **405976 м<sup>3</sup>/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:

$$\varphi = 1 + (\Delta t / 75) = \\ = 1 + (142 / 75) = 2,89.$$

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

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

где  $A_{\text{NO}_x}$  - 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  $\text{NO}_x$  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.