

Определим выбросы основных вредных веществ от одного блока ТЭС при номинальной нагрузке котла

$$M_{SO_2} = 20 \cdot B \cdot S_{\text{p}} \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2})$$

$$\text{расход топлива: } B := 597 \cdot \frac{1000}{3600} \quad B = 165.833 \quad \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$\text{содержание серы на рабочую массу: } S_{\text{p}} = 0.2 \quad \%$$

$$\eta'_{SO_2} = 0.5 \quad \eta''_{SO_2} = 0$$

$$M_{SO_2} = 20 \cdot B \cdot S_{\text{p}} \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}) \quad M_{SO_2} = 331.667 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Выбросы золы в атмосферу:

$$M_3 = 10 \cdot B \cdot a_{\text{уН}} \cdot \left(A_{\text{p}} + q_4 \cdot \frac{Q_{\text{Н.р}}}{32680} \right) \cdot (1 - \eta_{3y})$$

$$a_{\text{уН}} = 0.95$$

$$\text{Зольность топлива на рабочую массу: } A_{\text{p}} = 4.7 \quad \%$$

$$\text{Потери тепла от неполноты сгорания топлива: } q_4 = 1.2 \quad \%$$

$$Q_{\text{Н.р}} = 12800 \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\text{Степень улавливания золы в золоуловителе: } \eta_{3y} = 0.98$$

$$M_3 = 10 \cdot B \cdot a_{\text{уН}} \cdot \left(A_{\text{p}} + q_4 \cdot \frac{Q_{\text{Н.р}}}{32680} \right) \cdot (1 - \eta_{3y}) \quad M_3 = 162.898 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{r}_0} = 5.01 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$V_{\text{в}_0} = 4.26 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$t_{\text{yx}} = 140 \quad \text{C} \quad \alpha_{\text{yx}} = 1.4$$

$$V_{\text{r}} := [V_{\text{r}_0} + 1.016 \cdot (\alpha_{\text{yx}} - 1) \cdot V_{\text{в}_0}] \cdot B \cdot \frac{273 + t_{\text{yx}}}{273} \quad V_{\text{r}} = 1.691 \times 10^3 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Выбросы оксидов азота в атмосферу:

$$C_{\text{NO}_2} = 300 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$V_{\text{с.г.}} := B [V_{\text{r}_0} + (1.4 - 1) \cdot 4.26 - 0.64] \quad V_{\text{с.г.}} = 1.007 \times 10^3 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$M_{\text{NO}_2} := C_{\text{NO}_2} \cdot V_{\text{с.г.}} \cdot 10^{-3} \quad M_{\text{NO}_2} = 302.182 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$B = 165.833$$

На всю ТЭС:

$$V_{\text{r}_8} = 1.353 \times 10^4 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$M_{\text{NO}_2_8} = 2.417 \times 10^3 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$M_{\text{NO}_8} = \bullet \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$M_{\text{SO}_2_8} = 2.653 \times 10^3 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$M_3_8 = 1.303 \times 10^3 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

В каждую дымовую трубу:

$$\frac{V_{\text{r}_8}}{2} = 6.765 \times 10^3 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$\frac{M_{\text{NO}_2_8}}{2} = 1.209 \times 10^3 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$\frac{M_{\text{NO}_8}}{2} = \bullet \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$\frac{M_{\text{SO}_2_8}}{2} = 1.327 \times 10^3 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$\frac{M_3_8}{2} = 651.594 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Определим необходимую высоту дымовых труб:

$$\text{Для золы } c_{\text{ф}_3} = 0.2 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} \quad F := 2 \quad M := M_3_8 \quad M = 1.303 \times 10^3 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}} \quad \text{ПДК} = 0.5 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$h = \sqrt{\frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot M \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{\text{ПДК} - c_{\text{ф}_3}}} \quad A := 250 \quad \eta := 1 \quad \Delta T := t_{\text{yx}} - 20$$

$$n = 1$$

$$w_0 = 28 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$z := 2$$

$$V := V_{\text{r}_8}$$

$$V = 1.353 \times 10^4 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}}$$

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D_0}{h^2 \cdot \Delta T}$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{V_{\text{r}_8}}{2}}{\pi \cdot w_0}}$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{V_{\text{r}_8}}{2}}{\pi \cdot w_0}} \quad D_0 = 17.539 \quad \text{м} \quad \text{внутренний диаметр дымовой трубы}$$

Первое приближение: $h := 100 \quad \text{м}$

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D_0}{h^2 \cdot \Delta T} \quad f = 11.459 \quad m := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad m = 0.563$$

$$h := \sqrt{\frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot M \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{\text{ПДК} - c_{\text{ф}_3}}} \quad h = 114.53 \quad \text{м}$$

Второе приближение: $h := 119 \quad \text{м}$

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D_0}{h^2 \cdot \Delta T} \quad f = 8.092 \quad m := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad m = 0.611$$

$$h := \sqrt{\frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot M \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{\text{ПДК} - c_{\text{ф}_3}}} \quad h = 119.259 \quad \text{м}$$

Т.о. необходимая чистота воздушного бассейна по выбросам золы обеспечивается при высоте дымовых труб

$$h = 119.3 \quad \text{м}$$

Суммарный выброс SO_2 и NO_2

$$c_{\text{ф}_SO_2} = 0.05 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} \quad c_{\text{ф}_NO_2} = 0.01 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} \quad \text{ПДК} = 0.5$$

$$\Sigma M_{SO_2} := M_{SO_2_8} + M_{NO_2_8} \cdot \left(\frac{0.5}{0.085} \right) \quad \Sigma M_{SO_2} = 1.687 \times 10^4 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$\Sigma c_{\text{ф}_SO_2} := c_{\text{ф}_SO_2} + c_{\text{ф}_NO_2} \cdot \left(\frac{0.5}{0.085} \right) \quad \Sigma c_{\text{ф}_SO_2} = 0.109 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} \quad F := 1$$

Первое приближение: $h := 240 \quad \text{м}$

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D_0}{h^2 \cdot \Delta T} \quad f = 1.989 \quad m := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad m = 0.807$$

$$h := \sqrt{\frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot \Sigma M_{SO_2} \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{\text{ПДК} - \Sigma c_{\text{ф}_SO_2}}} \quad h = 348.844 \quad \text{м}$$

Второе приближение: $h := 322 \quad \text{м}$

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D_0}{h^2 \cdot \Delta T} \quad f = 1.105 \quad m := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad m = 0.888$$

$$h := \sqrt{\frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot \Sigma M_{SO_2} \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{\text{ПДК} - \Sigma c_{\text{ф}_SO_2}}} \quad h = 320.322 \quad \text{м}$$

Т.о. наибольшая высота дымовых труб получена из условия обеспечения норм приземных концентраций

SO_2 и NO_2 с учётом их суммирования

$$\text{Высота трубы должна быть кратна 30м, тогда: } h = 330 \quad \text{м}$$

Определим максимальные приземные концентрации вредных веществ в районе расположения ТЭС при неблагоприятных метеорологических условиях и опасной скорости ветра

$$c_M = \frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot M \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{h^2}$$

$$A = 250 \quad m = 0.888 \quad n = 1 \quad F = 1 \quad \eta = 1 \quad h = 320.322 \quad V = 1.353 \times 10^4$$

$$\Delta T = 120 \quad z = 2$$

$$c_{M_3} := \frac{A \cdot m \cdot n \cdot 2 \cdot \eta \cdot (M_3_8) \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{h^2} \quad c_{M_3} = 0.06 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$c_{M_{NO}} := \frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot (M_{NO_8}) \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{h^2} \quad c_{M_{NO}} = \bullet \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$c_{M_{NO_2}} := \frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot (M_{NO_2_8}) \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{h^2} \quad c_{M_{NO_2}} = 0.056 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$c_{M_{SO_2}} := \frac{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta \cdot (M_{SO_2_8}) \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}{h^2} \quad c_{M_{SO_2}} = 0.062 \quad \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$c_{M_3} + 0.2 = 0.26 \quad c_{M_{NO}} + 0.02 = \bullet \quad \text{меньше } 0.6$$

$$\Sigma c_{\text{ф}_SO_2} + c_{M_{SO_2}} + 5.88 \cdot c_{M_{NO_2}} = 0.499968 \quad \text{меньше } 0.5$$

Определим расстояние, на котором достигаются максимальные приземные концентрации, и опасную скорость ветра

$$V_M = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{\text{тр}} \cdot \Delta T}{h}} \quad V_{\text{тр}} = \frac{V_{\text{r}_8}}{2} \quad V_{\text{тр}} = 6.765 \times 10^3 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_M = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{\text{тр}} \cdot \Delta T}{h}} \quad V_M = 8.862 \quad \text{больше } 2$$

$$U_M := V_M \cdot (1 + 0.12 \cdot \sqrt{f}) \quad U_M = 9.98 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad f = 1.105$$

Расстояние от дымовых труб:

$$X_M = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot h \quad d := 7 \cdot \sqrt{V_M} \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad d = 26.871$$

$$X_M = \frac{5 - 2}{4} \cdot d \cdot h \quad X_M = 6.455 \times 10^3 \quad \text{м} \quad \text{для золы}$$

$$X_M = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot h \quad X_M = 8.607 \times 10^3 \quad \text{м} \quad \text{для газообразных}$$

Определить ПДВ вредных веществ при высоте дымовых труб 300 м

$$\text{при } h = 300 \quad \text{м} \quad f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D_0}{h^2 \cdot \Delta T} \quad f = 1.273$$

$$m := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad m = 0.869$$

$$\text{ПДВ}_{\text{золы}} := \frac{(0.5 - 0.2) \cdot h^2 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{z}}}{A \cdot m \cdot n \cdot 2 \cdot \eta} \quad \text{ПДВ}_{\text{золы}} = 5.8 \times 10^3 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$\text{ПДВ}_{NO} := \frac{(0.6 - 0.02) \cdot h^2 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{z}}}{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta} \quad \text{ПДВ}_{NO} = 2.243 \times 10^4 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$$\Sigma \text{ПДВ}_{SO_2} := \frac{(0.5 - \Sigma c_{\text{ф}_SO_2}) \cdot h^2 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{z}}}{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta} \quad \Sigma \text{ПДВ}_{SO_2} = 1.512 \times 10^4 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}} \quad \Sigma c_{\text{ф}_SO_2} = 0.109$$

$$\Sigma M_{SO_2} = 1.687 \times 10^4 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}} \quad \Sigma \text{ПДВ}_{SO_2} = 1.512 \times 10^4 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Выбросы SO_2 и NO_2 превышают ПДВ. Необходимо либо снизить выбросы SO_2 на величину

$$\Sigma M_{SO_2} - \Sigma \text{ПДВ}_{SO_2} = 1.749 \times 10^3 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}} \quad \text{либо } NO_2 \text{ на величину } \frac{1.898 \times 10^3}{5.88} = 322.789 \quad \frac{\text{г}}{\text{с}}$$