

# Лабораторная работа № 2 «Моделирование рассеивания вредных примесей и

## выбор высоты дымовой трубы котельной»

### Вариант 55

*Цель работы: Изучить методику моделирования рассеивания вредных примесей при работе котельной.*

## 1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Котельные установки при производстве тепловой энергии непрерывно выбрасывают в атмосферу через дымовую трубу токсичные газы и мелкодисперсную золу. При высоких температурах в факеле топки происходит частичное окисление азота с образованием оксидов азота. При содержании серы в топливе в дымовых газах появляются оксиды серы. Основным показателем, характеризующим загрязнение воздушной среды, является выброс вредных веществ в единицу времени.

За стандарт качества воздуха приняты предельные допустимые концентрации (ПДК) различных токсичных веществ. ПДК атмосферных загрязнений устанавливается по двум показателям: максимально-разовому и среднесуточному. Максимально-разовая концентрация характеризует качество атмосферного воздуха при отборе пробы в течение 20 минут, а среднесуточная – в течение суток.

### Исходные данные

№	Населенный пункт	Количество котлов		Тип котлов		Производительность одного котла, МВт или т/ч		Вид топлива	
55	Гродно	1		Водогрейные		7,2		Торф фрезерный	
$Q_{\text{ном}}$	6	$\beta_2$	0	$\Delta t$	230	$\beta_3$	0,85	$z$	1
$\Sigma Q$	6	$r$	0	$\eta_{\text{ном}}$	90	$V_0$	2,38	$S_p$	0.1
Кол.	1	$q_4$	0	$\eta_{\text{тп}}$	95	$a$	1,1	$n$	1
$\beta_1$	0,8	$Q_p^H$	8,12	$\omega_{\text{вых}}$	25	$A$	120	$F$	2
$t_{\text{дг}}$	250	$t_{\text{нв}}$	19,2	$\eta_{\text{зу}}$	95	$A_p$	6.3		
$\text{ПДК}_{\text{SO}_2}$	0,05	$\text{ПДК}_{\text{NO}_2}$	0,085	$\text{ПДК}_{\text{зл}}$	0,05				

Произведем выбор высоты дымовой трубы для производственной котельной, в которой установлено 1 котёл производительностью 7,2 МВт (6Гкал), работающих на мазуте.

Разность температур  $\Delta t$ :

$$\Delta t = t_{\text{дг}} - t_{\text{нв}}$$

$$\Delta t = 250 - 19,2 = 230,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Коэффициент  $k$ :

$$k = \frac{2,5 * Q_{\text{ном}}}{Q_{\text{ном}} + 20}$$

$$k = \frac{2,5*6}{6+20} = 0,6$$

Расчетный часовой расход топлива:

$$B_p = (3600 * \Sigma Q) / (\eta_{\text{ном}} * \eta_{\text{тп}} * Q_p^{\text{н}})$$

$$B_p = (3600 * 6) / (0,9 * 0,95 * 8120) = 3,1 \text{ т/ч}$$

Выброс мелкодисперсной золы

$$M_{\text{зл}} = \frac{1000 * B_p}{3,6} * \left(1 - \frac{\eta_{\text{зл}}}{100}\right) * \left(\left(1 - \frac{q_4}{100}\right) * \frac{A_p}{100} + \frac{q_4}{100}\right)$$

$$M_{\text{зл}} = \frac{1000 * 3,11}{3,6} * \left(1 - \frac{95}{100}\right) * \left(\left(1 - \frac{0}{100}\right) * \frac{6,3}{100} + \frac{0}{100}\right) = 2,7 \text{ г/с}$$

Выброс оксидов серы в пересчете на  $SO_2$ :

$$M_{SO_2} = \frac{B_p * S_p}{0,18}$$

$$M_{SO_2} = \frac{3,1 * 0,1}{0,18} = 1,7 \text{ г/с}$$

Выброс оксидов азота в пересчете на  $NO_2$ :

$$M_{NO_2} = 0,034 * \beta_1 * k * B_p * Q_p^{\text{н}} * \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) * (1 - \beta_2 * r) * \beta_3$$

$$M_{NO_2} = 0,034 * 0,8 * 0,6 * 3,1 * 8,12 * \left(1 - \frac{0}{100}\right) * (1 - 0 * 0) * 0,85 = 0,34 \text{ г/с}$$

Объемный расход продуктов сгорания через трубу в выходном сечении равен:

$$V_{\text{тр}} = B_p * V_0 * \frac{a}{3,6}$$

$$V_{\text{тр}} = 3,1 * 2,38 * \frac{1,1}{3,6} = 2,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

Расчётный диаметр устья дымовой трубы:

$$D_{\text{тр}}^y = \sqrt{\frac{4 * V_{\text{тр}}}{3,14 * \omega_{\text{вых}}}}$$

$$D_{\text{тр}}^y = \sqrt{\frac{4 * 2,3}{3,14 * 25}} = 0,34 \text{ м}$$

Принимаем диаметр устья дымовой трубы равным 1,2 м

Высота трубы по предварительной оценке равна:

$$H = \sqrt{A * \left( \frac{M_{SO_2}}{\text{ПДК}_{SO_2}} + \frac{M_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{M_{\text{зл}}}{\text{ПДК}_{\text{зл}}} \right) * \sqrt[3]{\frac{z}{V_{\text{тр}} * \Delta t}}}$$

$$H = \sqrt{120 * \left( \frac{1,7}{0,05} + \frac{0,34}{0,085} + \frac{2,7}{0,05} \right) * \sqrt[3]{\frac{1}{2,3 * 230,8}}} = 37,2 \text{ м}$$

Принимаем высоту дымовой трубы равным 44м.

Коэффициент f равен:

$$f = \frac{1000 * \omega_{\text{вых}}^2 * D_{\text{тр}}^y}{H^2 * \Delta t}$$

$$f = \frac{1000 * 25^2 * 1,2}{44^2 * 230,8} = 1,7$$

Коэффициент m равен:

$$m = (0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f})^{-1}$$

$$m = (0,67 + 0,1\sqrt{1,7} + 0,34\sqrt[3]{1,7})^{-1} = 0,8$$

Коэффициент  $V_M$  равен:

$$V_M = 0,65 * \sqrt{\frac{V_{\text{тр}} * \Delta t}{H}}$$

$$V_M = 0,65 * \sqrt{\frac{2,3 * 230,8}{44}} = 2,2$$

Коэффициент n принимаем равным 1.

Концентрация мелкодисперсной золы при выбранной высоте трубы  
равна:

$$C_{\text{зл}} = \frac{A * M_{\text{зл}} * F * m * n}{H^2 * \sqrt{V_{\text{тр}} * \Delta t}}$$
$$C_{\text{зл}} = \frac{120 * 2,7 * 2 * 0,8 * 1}{44^2 * \sqrt{2,3 * 230,8}} = 0,035 \text{ мг/м}^3$$

Концентрация оксидов серы равна:

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{A * M_{\text{SO}_2} * m * n}{H^2 * \sqrt{V_{\text{тр}} * \Delta t}}$$
$$C_{\text{SO}_2} = \frac{120 * 1,7 * 0,8 * 1}{44^2 * \sqrt{2,3 * 230,8}} = 0,011 \text{ мг/м}^3$$

Концентрация оксидов азота равны:

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{A * M_{\text{NO}_2} * m * n}{H^2 * \sqrt{V_{\text{тр}} * \Delta t}}$$
$$C_{\text{NO}_2} = \frac{120 * 0,34 * 0,8 * 1}{44^2 * \sqrt{2,3 * 230,8}} = 0,002 \text{ мг/м}^3$$

Проверяем концентрацию ПДК при выбранной высоте трубы:

$$\frac{C_{\text{зл}}}{\text{ПДК}_{\text{зл}}} + \frac{C_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}}$$
$$\frac{0,035}{0,05} + \frac{0,011}{0,05} + \frac{0,002}{0,085} = 0,94 \leq 1$$

При выбранной высоте трубы имеется небольшой запас до превышения  
ПДК вредных веществ