

Лабораторная работа № 2 «Моделирование рассеивания вредных примесей и

выбор высоты дымовой трубы котельной»

Вариант 51

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	
51	Бобруйск	2		Водогрейные		23,2		Мазут	
$Q_{\text{ном}}$	20	β_2	0	Δt	230	β_3	0,85	z	1
ΣQ	40	r	0	$\eta_{\text{ном}}$	90	V_0	10,62	S_p	0.5
Кол.	2	q_4	0	$\eta_{\text{тп}}$	95	a	1,1	n	1
β_1	0,8	Q_p^H	40,61	$\omega_{\text{вых}}$	25	A	120	F	0,3
$t_{\text{дг}}$	247,8	$t_{\text{нв}}$	17,8	$\eta_{\text{зу}}$	95	A_p	0.2		
ПДК_{SO_2}	0,05	ПДК_{NO_2}	0,085	$\text{ПДК}_{\text{зл}}$	0,05				

Произведем выбор высоты дымовой трубы для производственной котельной, в которой установлено 2 котла производительностью 23,2 МВт (20Гкал), работающих на мазуте.

Разность температур Δt :

$$\Delta t = t_{\text{дг}} - t_{\text{нв}}$$
$$\Delta t = 247,8 - 17,8 = 230 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Коэффициент k :

$$k = \frac{2,5 * Q_{\text{ном}}}{Q_{\text{ном}} + 20}$$
$$k = \frac{2,5 * 20}{20 + 20} = 1,25$$

Расчетный часовой расход топлива:

$$B_p = (3600 * \Sigma Q) / (\eta_{\text{ном}} * \eta_{\text{тп}} * Q_p^{\text{н}})$$
$$B_p = (3600 * 40) / (0,9 * 0,95 * 40610) = 4,15 \text{ т/ч}$$

Выброс мелкодисперсной золы

$$M_{\text{зл}} = \frac{1000 * B_p}{3,6} * \left(1 - \frac{\eta_{\text{зл}}}{100}\right) * \left(\left(1 - \frac{q_4}{100}\right) * \frac{A_p}{100} + \frac{q_4}{100}\right)$$
$$M_{\text{зл}} = \frac{1000 * 4,15}{3,6} * \left(1 - \frac{95}{100}\right) * \left(\left(1 - \frac{0}{100}\right) * \frac{0,2}{100} + \frac{0}{100}\right) = 0,115 \text{ г/с}$$

Выброс оксидов серы в пересчете на SO_2 :

$$M_{SO_2} = \frac{B_p * S_p}{0,18}$$
$$M_{SO_2} = \frac{4,15 * 0,5}{0,18} = 11,52 \text{ г/с}$$

Выброс оксидов азота в пересчете на NO_2 :

$$M_{NO_2} = 0,034 * \beta_1 * k * B_p * Q_p^{\text{н}} * \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) * (1 - \beta_2 * r) * \beta_3$$
$$M_{NO_2} = 0,034 * 0,8 * 1,25 * 4,15 * 40,61 * \left(1 - \frac{0}{100}\right) * (1 - 0 * 0) * 0,85 =$$
$$4,87 \text{ г/с}$$

Объемный расход продуктов сгорания через трубу в выходном сечении равен:

$$V_{\text{тр}} = B_p * V_0 * \frac{a}{3,6}$$
$$V_{\text{тр}} = 4,15 * 10,62 * \frac{1,1}{3,6} = 13,46 \text{ м}^3/\text{с}$$

Расчётный диаметр устья дымовой трубы:

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

$$D_{\text{тр}}^y = \sqrt{\frac{4 * 13,46}{3,14 * 25}} = 0,828 \text{ м}$$

Принимаем диаметр устья дымовой трубы равным 0,83 м

Высота трубы по предварительной оценке равна:

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

$$H = \sqrt{120 * \left(\frac{11,52}{0,05} + \frac{4,87}{0,085} + \frac{0,115}{0,05} \right) * \sqrt[3]{\frac{1}{13,46 * 230}}} = 48,9 \text{ м}$$

Принимаем высоту дымовой трубы равным 50м.

Коэффициент f равен:

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

$$f = \frac{1000 * 25^2 * 0,83}{50^2 * 230} = 0,9$$

Коэффициент m равен:

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

$$m = (0,67 + 0,1\sqrt{0,9} + 0,34\sqrt[3]{0,9})^{-1} = 0,915$$

Коэффициент V_M равен:

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

$$V_M = 0,65 * \sqrt{\frac{13,46 * 230}{50}} = 5,1$$

Коэффициент n принимаем равным 1.

Концентрация мелкодисперсной золы при выбранной высоте трубы
равна:

$$C_{\text{зл}} = \frac{A * M_{\text{зл}} * F * m * n}{H^2 * \sqrt{V_{\text{тр}} * \Delta t}}$$
$$C_{\text{зл}} = \frac{120 * 0,115 * 2 * 0,915 * 1}{50^2 * \sqrt{13,46 * 230}} = 0,0007 \text{ мг/м}^3$$

Концентрация оксидов серы равна:

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{A * M_{\text{SO}_2} * m * n}{H^2 * \sqrt{V_{\text{тр}} * \Delta t}}$$
$$C_{\text{SO}_2} = \frac{120 * 11,5 * 0,915 * 1}{50^2 * \sqrt{13,46 * 230}} = 0,035 \text{ мг/м}^3$$

Концентрация оксидов азота равны:

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{A * M_{\text{NO}_2} * m * n}{H^2 * \sqrt{V_{\text{тр}} * \Delta t}}$$
$$C_{\text{NO}_2} = \frac{120 * 4,87 * 0,915 * 1}{50^2 * \sqrt{13,46 * 230}} = 0,015 \text{ мг/м}^3$$

Проверяем концентрацию ПДК при выбранной высоте трубы:

$$\frac{C_{\text{зл}}}{\text{ПДК}_{\text{зл}}} + \frac{C_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}}$$
$$\frac{0,0007}{0,05} + \frac{0,035}{0,05} + \frac{0,015}{0,085} = 0,89 \leq 1$$

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