

Федеральное агентство по образованию  
Нижегородский Государственный Технический Университет  
Кафедра “Инженерная экология и охрана труда”

## **Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами**

Методические указания по выполнению практических работ по курсу  
“Экология”

Н.Новгород, 2007

Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами:  
Методические указания по выполнению практических работ по курсу  
“Экология”/ НГТУ; Сост.: Н.П.Гогин, О.В.Маслеева. - Н.Новгород, 2007. - с.  
15.

## 1. Цель работы :

Научиться производить расчет возможного загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами. Ознакомиться с величинами предельно допустимых концентраций для воздуха рабочей зоны промышленных предприятий и населенных пунктов.

## 2. Краткие сведения из теории.

При проектировании промышленных предприятий требуется, в соответствии с Санитарными нормами СН 245-71, проводить расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами. Расчет проводят с целью определения загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов и промышленных площадок. Полученные расчетным путем концентрации вредных веществ в воздухе, сравнивают с величиной предельно-допустимых концентраций этих веществ в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий / ПДК<sub>рз</sub> / и среднесуточной предельно-допустимой концентраций вредного вещества в воздухе населенных пунктов / ПДК<sub>сс</sub> /, которые указаны в таблице 1.

При превышении этих концентраций необходимо предусмотреть мероприятия по снижению уровня загрязнения, например, повышения эффективности очистных устройств, сооружение газоочистных установок, совершенствование технологических процессов и установок, увеличение высоты труб, уменьшение выброса соседних предприятий.

При расчете загрязнения учитывается все одновременно действующие источники вредных выбросов, а также существующий фон загрязнения. При расчете степени загрязнения необходимо учитывать возникновение вблизи зданий при обтекании их воздушным потоком циркуляционных зон (замкнутых, плохо проветриваемых). С этой точки зрения промышленные здания делятся на два типа - узкие и широкие.

Здание считается узким, если его ширина не превышает 2,5 высоты здания ( $B < 2,5 H_{зд}$ ). При обтекании воздушным потоком узкого здания над ним и за ним возникает единая циркуляционная зона, распространяемая от наветренной стороны здания на расстояние шесть его высот ( $6 H_{зд}$ ). Высота этой зоны в среднем составляет 1,8  $H_{зд}$  (Рис. 1а).

Здание считается широким, если его ширина превышает 2,5 высоты здания ( $B > 2,5 H_{зд}$ ). При обтекании воздушным потоком широкого здания над ним возникает наветренная циркуляционная зона, длиной

2,5  $H_{зд}$  и высотой 0,8  $H_{зд}$ , а за ним наветренная циркуляционная зона, длиной 4  $H_{зд}$  и высотой около  $H_{зд}$

Таблица 1 - Предельно-допустимые концентрации вредных веществ.

Вредное вещество	Химическая формула	ПДКрз	ПДКсс
Азота диоксид	$\text{NO}_2$	5	0.085
Алюминия оксид	$\text{Al}_2\text{O}_3$	2	0.02
Аммиак	$\text{NH}_3$	20	0.2
Ацетон	$\text{CH}_3\text{COOH}_3$	200	0.35
3,4 бензпирен	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}$	0.00015	$10^{-6}$
Железа оксид	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	6	0.04
Кремнеземсодержащая пыль	$\text{SiO}_2$	2	0.05
Медь	$\text{Cu}$	0.5	0.002
Никель	$\text{Ni}$	0.5	0.001
Озон	$\text{O}_3$	0.1	0.03
Сажа	$\text{C}$	4	0.05
Свинец	$\text{Pb}$	0.007	0.003
Серы диоксид	$\text{SO}_2$	10	0.05
Серная кислота	$\text{H}_2\text{SO}_4$	1	0.1
Сероводород	$\text{H}_2\text{S}$	10	0.008
Углерода оксид	$\text{CO}$	20	1
Фтористый водород	$\text{HF}$	0.5	0.005
Хромовый ангидрид	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0.01	0.0015

Источники выброса вредных веществ могут быть точечными и линейными. Точечный источник - отдельная труба (рис. 2а). Линейный источник - аэрационные фонари здания, близко расположенные шахты и трубы (рис. 2б).

Загрязнения, создаваемые низкими источниками, рассчитывают в соответствии с “Руководством по расчету загрязнения воздуха на промышленных площадках”, разработанным ЦНИИП, БЦНИИОТ, 1975 г.

Расчет концентрации вредных веществ ведут с учетом вида здания - узкое или широкое, вида источника вредных выбросов – точечный или линейчатый. За расчетное принимают направление ветра перпендикулярное продольной стороне здания.

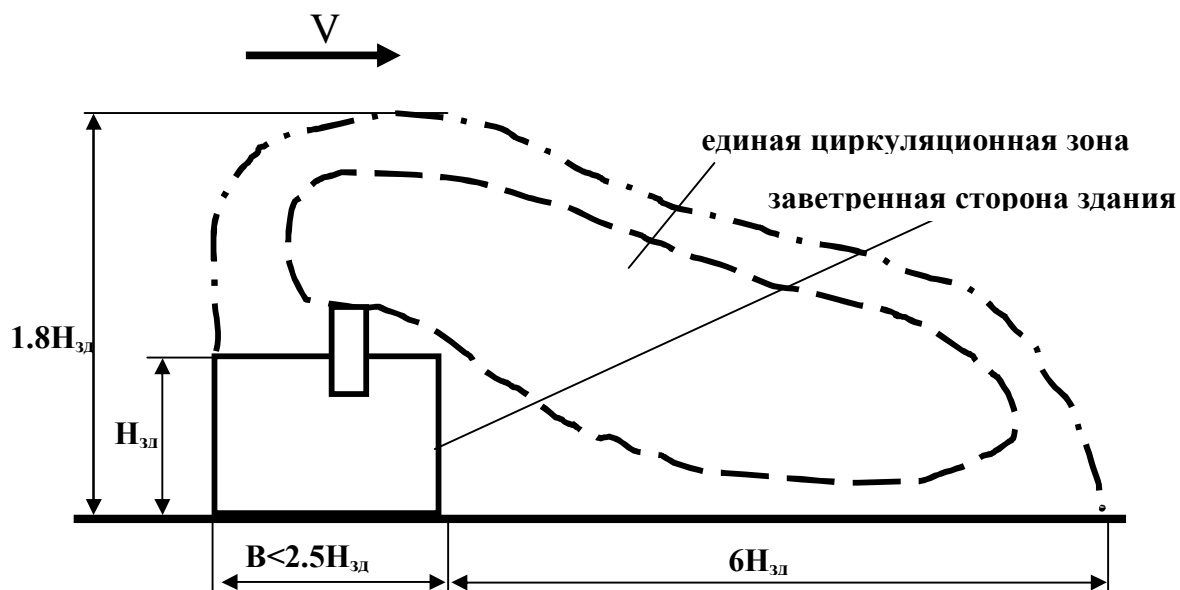


Рис. 1(а) Узкое здание

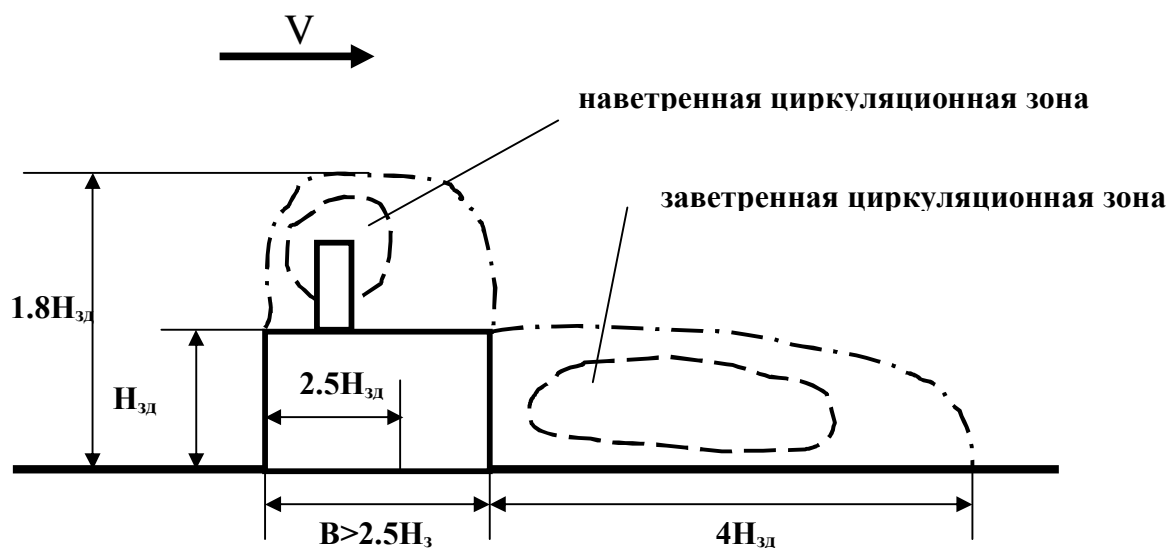


Рис.1(б) Широкое

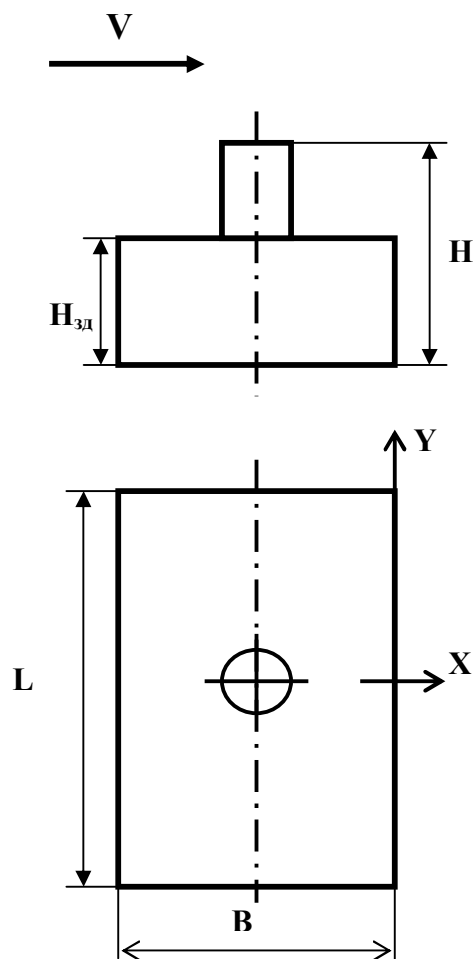


Рис. 2(а)

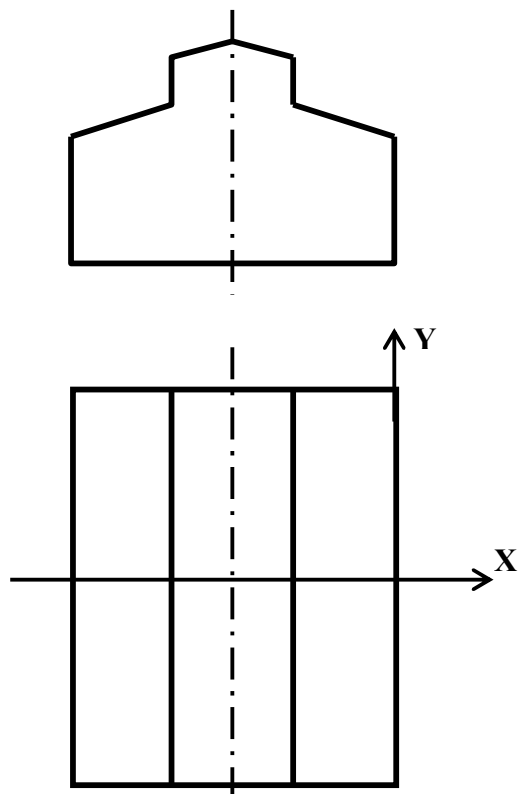


Рис. 2(б)

Узкое отдельно стоящее здание		
Источник	Зона расчета	Расчетные формулы
Точечный	$0 \leq X \leq 6 H_{зд}$	$C = \frac{1.3 \cdot M \cdot K}{V} \cdot \left( \frac{0.6}{H_{зд} \cdot L} + \frac{42 \cdot S_1}{(1.4 \cdot L + B + X)^2} \right)$
	$X > 6 H_{зд}$	$C = \frac{55 \cdot M \cdot k \cdot S_1}{V \cdot (1.4 \cdot L + B + X)^2}$
Линейный	$0 \leq X \leq 6 H_{зд}$	$C = \frac{2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot H_{зд}}$
	$X > 6 H_{зд}$	$C = \frac{7.2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot (B + X)}$

<b>Широкое отдельно стоящее здание</b>		
Источник	Зона расчета	Расчетные формулы
Точечный	$0 \leq X \leq 4 \text{ Нзд}$	$C = \frac{5.6 \cdot M \cdot k \cdot m \cdot S_1}{V \cdot L \cdot H_{зд}}$
	$X > 4 \text{ Нзд}$	$C = \frac{15 \cdot M \cdot k \cdot S_1}{V \cdot L \cdot (B + X)}$
Линейный	$0 \leq X \leq 4 \text{ Нзд}$	$C = \frac{2.8M \cdot m \cdot K}{V \cdot L \cdot H_{зд}}$
	$X > 4 \text{ Нзд}$	$C = \frac{7.2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot (B + X)}$

### Условные обозначения:

C - концентрация вредных веществ, мг/м

M - масса вредных веществ, выбрасываемых источником в атмосферу в единицу времени, г/с

K-безразмерный коэффициент, учитывающий возвышение устья источника на уровень загрязнения (при выбросе в наветренную или единую циркуляционную зону, K=1)

V - расчетная сила ветра, V = 1 м/с

Нзд- высота здания, м

L- длина здания, м

B- ширина здания, м

X-расстояние от наветренной стороны здания до расчетной точки, м

S<sub>1</sub>-понижающий коэффициент, позволяющий определить концентрацию вредных веществ на расстоянии.

$$S_1 = e^{\frac{-30y^2}{(1.4L+B+X)^2}}$$

m-безразмерный коэффициент, показывающий, какое количество выделяемых источником примесей, участвующих в загрязнении атмосферы (m=1).

### 3.Задание к работе

1. Проверить возможность размещения приемных отверстий систем приточной вентиляции в точках с координатами А(0,0), Б(0,L/4). Для этого рассчитывается концентрация трех веществ в этих точках. Необходимым условием является выполнение соотношения:

$$C_A + C_{\Phi} \leq 0,3 * \text{ПДК}_{\text{P3}}$$

$$C_B + C_{\Phi} \leq 0,3 * \text{ПДК}_{\text{P3}}$$

Результаты расчета занести в таблицу 2.

Таблица 2

	$C_1 + C_{\Phi 1}$	$C_2 + C_{\Phi 2}$	$C_3 + C_{\Phi 3}$
А (0,0)			
Б (0,L/4)			
0,3 ПДК <sub>Р3</sub>			

2. Определить изменение концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до здания на оси факела (по оси X). Расчет сделать для 7 точек:  $X_1=0$ ,  $X_2=50$ ,  $X_3=100$ ,  $X_4=150$ ,  $X_5=200$ ,  $X_6=250$ ,  $X_7=300$ . Результаты расчета занести в таблицу 3.

Построить графики зависимости  $C=f(X)$ . На графике также провести линию - ПДК<sub>сс</sub>. Сравнить расчетные концентрации с ПДК<sub>сс</sub>.

Таблица 3

X, Y=0	$C_1 + C_{\Phi 1}$	$C_2 + C_{\Phi 2}$	$C_3 + C_{\Phi 3}$
0			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
ПДК <sub>сс</sub>			

3 Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной зоны, размером 1000м. Результаты расчета занести в таблицу 4.

Таблица 4

X, Y=0	$C_1 + C_{\Phi 1}$	$C_2 + C_{\Phi 2}$	$C_3 + C_{\Phi 3}$
1000			
ПДК <sub>сс</sub>			



4 Определить на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Результаты расчета занести в таблицу 5.

Необходимое условие:

$$C_i + C_{\phi i} = \text{ПДК}_{\text{сси}}$$

Таблица 5

$X_1 =$	
$X_2 =$	$X_{\text{max}} =$
$X_3 =$	

#### 4. Пример расчета

Исходные данные

Источник - точечный
$L = 48 \text{ м}$
$B = 24 \text{ м}$
$H_{зд} = 12 \text{ м}$
$H = 15 \text{ м}$
Вредное вещество - аммиак
$M = 150 \text{ г/с}$
$C_{\phi} = 0,01 \text{ мг/м}^3$

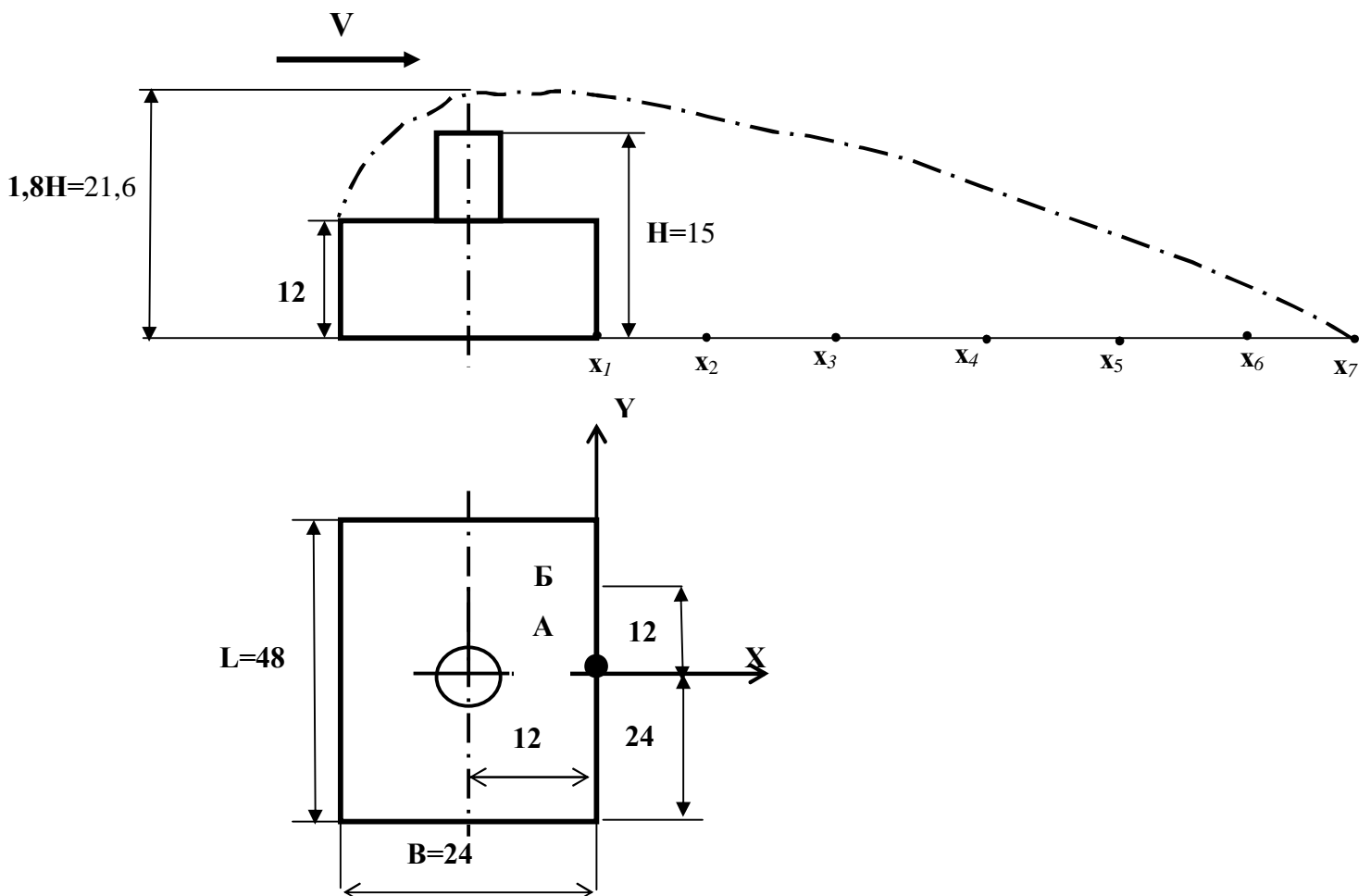


Рис3 Схема к расчету

Из таблицы 1 находим ПДК<sub>рз</sub> = 20 мг/м<sup>3</sup>  
 ПДК<sub>сс</sub> = 0,2 мг/м<sup>3</sup>

**Расчет1:**

т.А(0,0), т.Б(0,12)

Т.к. 2,5Нзд=30м, т.е. меньше В=24м, следовательно, здание относится к узким, и расчеты ведем по следующим формулам.

$$\text{при } 0 \leq X \leq 6 \text{ Нзд } (0 \leq X \leq 72\text{м})$$

$$C = \frac{1.3 \cdot M \cdot K}{V} \cdot \left( \frac{0.6}{H_{зд} \cdot L} + \frac{42 \cdot S_1}{(1.4 \cdot L + B + X)^2} \right)$$

при  $X > 6$  Нзд ( $X > 72\text{м}$ )

$$C = \frac{55M \cdot K \cdot S_1}{V(1.4L + B + X)^2}$$

В точках А и Б  $X=0$ , поэтому расчет ведем по формуле 1.

Концентрация аммиака в т.А:

$$x=0, y=0 \quad S_1=1$$

$$C = \frac{1.3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \cdot \left( \frac{0.6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 1}{(1.4 \cdot 48 + 24 + 0)^2} \right) = 1.18 \text{ мг/м}^3$$

С учетом фоновой концентрации реальная концентрации аммиака в т.А составляет:

$$C_A = C + C_{\text{ф}} = 1,18 + 0,01 = 1,19 \text{ мг/м}^3$$

Концентрация аммиака в т.Б ( $x=0, y=12\text{м}$ ):

$$S_1 = e^{-\frac{30 \cdot 12^2}{(1.4 \cdot 48 + 24 + 0)^2}} = e^{-0.52} = 0.59$$

$$C = \frac{1.3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \cdot \left( \frac{0.6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 0.59}{(1.4 \cdot 48 + 24 + 0)^2} \right) = 0.78 \text{ мг/м}^3$$

$$C_B + C_{\text{ф}} = 0,784 + 0,01 = 0,794 \text{ мг/м}^3$$

Таблица 6

	C+C <sub>ф</sub> , мг/м
А (0,0)	1,19
Б (0,12)	0,794
0,3ПДК <sub>рз</sub>	6

**Вывод:** концентрация аммиака не превышает допустимую концентрацию в точках А и Б, поэтому возможно размещение приемных отверстий приточной вентиляции, через которые воздух подается в цех, в этих точках.

### Расчет 2.

Расчет концентрации ведется по оси X, поэтому  $y=0$  и  $S_1=1$ .

Расчетные формулы:

$$0 \leq x \leq 72\text{м}$$

$$C = \frac{1.3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \left( \frac{0.6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 1}{(1.4 \cdot 48 + 24 + x)^2} \right) = 0.203 + \frac{8190}{(91.2 + x)^2}$$

$$x > 72\text{м}$$

$$C = \frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot (1.4 \cdot 48 + 24 + x)^2} = \frac{8250}{(91.2 + x)^2}$$

Результаты расчета приведены в таблице 7 и на рисунке 4.

Таблица 7

X, м	C+C <sub>ф</sub> , мг/м <sup>3</sup>
0	1,19
50	0,624
100	0,236
150	0,152
200	0,107
250	0,0809
300	0,0639
ПДКсс	0,2

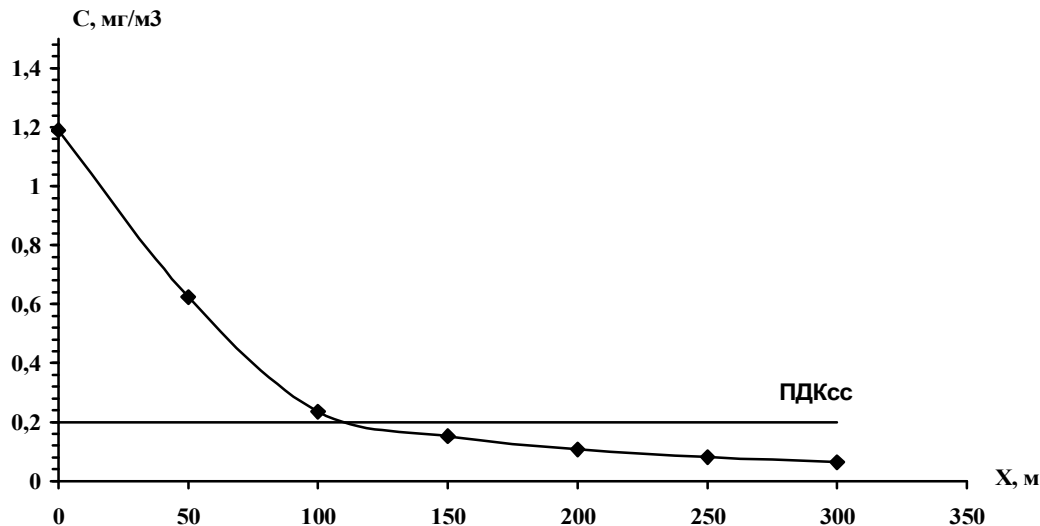


Рис. 4

**Вывод:** концентрация аммиака превышает ПДКсс до расстояния 120 м.

### Расчет 3.

$X = 1000$  м, расчет ведем по формуле 2.

$$C = \frac{55 \cdot K \cdot S_1}{V \cdot (1.4L + B + X)^2} = \frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot (1.4 \cdot 48 + 24 + 1000)^2} = 0.00693 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$C + C_{\Phi} = 0.00693 + 0.01 = 0.01693$$

Результаты расчета приведены в таблице 8

Таблица 8

X, Y=0	C+C <sub>Ф</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1000	0,01693
ПДКсс	0,2

**Вывод:** возможно размещение жилых домов на границе санитарной зоны.

### Расчет 4.

$$C + C_{\Phi} = \text{ПДКсс}$$

$$\frac{55 \cdot M \cdot K \cdot S_1}{V(1,4L + B + X)^2} + 0,01 = 0,2$$

$$\frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1(1,4 \cdot 48 + 24 + X)^2} + 0,01 = 0,2$$

$X = 117$  м  
Результаты расчета приведены в таблице 9

Таблица 9

$X_1 = 117$	$X_{\max} = 117$
-------------	------------------

**Вывод:** жилые дома можно строить на расстоянии 117 м.

## 5. Варианты заданий

Согласно заданного варианта выполнить расчеты концентраций вредных веществ по табл. 10.

В табл. 10 приняты следующие обозначения:

L - длина здания, м

B - ширина здания, м

Hзд - высота здания, м

M - масса вредного вещества, выбрасываемого в единицу времени, г/с

Cф - фоновая концентрация вредного вещества, мг/м

## 6. Рекомендуемая литература

1. СН 245 - 71

2. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. И.Г.Старовойтова. - М.: Стройиздат, 1978, 340 с.

Таблица 10 – Исходные данные

№	Вид источника	Габариты здания, м			Высота трубы Н, м	Вещество 1		
		L	B	H		Название	M <sub>1</sub> , г/с	C <sub>ф1</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1	точечный	40	24	10	15	SiO <sub>2</sub>	200	0,01
2	точечный	42	20	12	18	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	180	0
3	точечный	44	18	14	22	NO <sub>2</sub>	160	0,002
4	точечный	46	28	10	17	NH <sub>3</sub>	80	0,006
5	точечный	48	32	12	18	O <sub>3</sub>	10	0
6	точечный	36	24	8	12	CH <sub>3</sub> COOH <sub>3</sub>	20	0
7	линейный	40	20	12	16	NO <sub>2</sub>	100	0,01
8	линейный	42	26	14	18	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5	0
9	линейный	44	24	16	20	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80	0,01
10	линейный	50	28	10	15	NO <sub>2</sub>	100	0,01
11	линейный	48	32	12	16	NH <sub>3</sub>	100	0,08
12	линейный	60	36	10	16	NO <sub>2</sub>	80	0,01
13	точечный	60	40	15	18	Cu	19	0
14	точечный	48	36	13	19	CO	110	0,02
15	точечный	48	28	10	13	HF	10	0
16	точечный	72	36	11	16	NH <sub>3</sub>	100	0,006
17	точечный	48	40	12	15	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,2	0
18	точечный	60	36	12	16	Ni	1,8	0
19	линейный	60	42	16	19	NO <sub>2</sub>	80	0,01
20	линейный	60	46	18	20	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	300	0,01
21	линейный	48	36	12	14	SiO <sub>2</sub>	160	0,01
22	линейный	50	36	16	18	SO <sub>2</sub>	100	0,002
23	линейный	52	24	10	13	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	110	0
24	линейный	48	24	12	18	O <sub>3</sub>	8,0	0
25	точечный	40	20	10	15	C	100	0,001
26	точечный	80	40	16	20	CH <sub>3</sub> COOH <sub>3</sub>	10	0,02
27	линейный	120	46	12	18	SiO <sub>2</sub>	180	0,002
28	линейный	100	60	14	19	NO <sub>2</sub>	150	0
29	точечный	60	30	15	20	NO <sub>2</sub>	60	0,005
30	линейный	90	24	12	22	NH <sub>3</sub>	100	0,01

## Продолжение таблицы 10 – Исходные данные

№	Вещество 2			Вещество 3		
	Название	M <sub>2</sub> , г/с	C <sub>ф2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Название	M <sub>3</sub> , г/с	C <sub>ф3</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1	C	180	0,01	SO <sub>2</sub>	80	0,004
2	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	250	0	CO	100	0,02
3	CO	120	0,1	SiO <sub>2</sub>	100	0,01
4	SiO <sub>2</sub>	180	0,004	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,3	0
5	H <sub>2</sub> S	120	0	SO <sub>2</sub>	140	0,01
6	CO	100	0,01	SO <sub>2</sub>	60	0,001
7	CO	120	0,03	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,5	0
8	Ni	3,0	0	CO	140	0,08
9	H <sub>2</sub> S	100	0,001	HF	16	0
10	C	190	0,01	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25	0
11	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	120	0	CH <sub>3</sub> COOH <sub>3</sub>	1,4	0,07
12	H <sub>2</sub> S	120	0	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,1	0
13	Ni	2,6	0	Pb	3,8	0,001
14	SO <sub>2</sub>	140	0,01	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,9	0
15	H <sub>2</sub> S	110	0	SO <sub>2</sub>	200	0,01
16	Ni	1,8	0	O <sub>3</sub>	2,6	0,001
17	Pb	0,24	0,001	HF	16	0
18	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	210	0,01	H <sub>2</sub> S	12	0
19	CO	120	0,03	Pb	2,0	0
20	SiO <sub>2</sub>	260	0,002	C	200	0
21	SO <sub>2</sub>	120	0,003	O <sub>3</sub>	8,0	0
22	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	180	0,01	H <sub>2</sub> S	160	0
23	HF	12	0	NH <sub>3</sub>	140	0,03
24	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	140	0,02	SiO <sub>2</sub>	180	0,01
25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20	0	NH <sub>3</sub>	100	0,01
26	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,1	0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	50	0,002
27	Cu	11	0	NiO	0,8	0
28	SO <sub>2</sub>	120	0,003	CO	90	0,1
29	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	150	0,001	C	100	0,003
30	H <sub>2</sub> S	120	0,001	HF	15	0

