Министерство образования и науки РФ
Нижегородский Государственный Технический Университет
им. Р.Е.Алексеева
Кафедра “Производственная безопасность, экология и химия”

Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологического воздуха

Методические указания по выполнению практических работ по курсу “Экология”

Н.Новгород, 2014 г.

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, 2014. - 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 / $ПДК_{рз}$ / и среднесуточной предельно-допустимой концентраций вредного вещества в воздухе населенных пунктов / $ПДК_{сс}$ /, которые указаны в таблице 1.

При превышении этих концентраций необходимо предусмотреть мероприятия по снижению уровня загрязнения, например, повышения эффективности очистных устройств, сооружение газоочистных установок, совершенство 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 (В < 2,5 Нзд). При обтекании воздушным потоком узкого здания над ним и за ним возникает единая циркуляционная зона, распространяемая от заветренной стороны здания на расстояние шесть его высот (6 Нзд). Высота этой зоны в среднем составляет 1,8 Нзд (Рис. 1а).

Здание считается широким, если его ширина превышает 2,5 высоты здания (В > 2,5 Нзд). При обтекании воздушным потоком широкого здания над ним возникает наветренная циркуляционная зона, длиной

2,5 Нзд и высотой 0,8 Нзд, а за ним заветренная циркуляционная зона, длиной 4 Нзд и высотой около Нзд

Таблица 1 - Предельно-допустимые концентрации вредных веществ.

Вредное вещество	Химическая формула	ПДКрз	ПДКсс
Азота диоксид	$N0_2$	5	0.085
Алюминия оксид	Al_2O_3	2	0.02
Аммиак	NH_3	20	0.2
Ацетон	CH_3COOH_3	200	0.35
3,4 бензпирен	$C_{20}H_{12}$	0.00015	10-^{6}
Железа оксид	Fe_2O_3	6	0.04
Кремнеземсодержащая пыль	SiO_2	2	0.05
Медь	Cu	0.5	0.002
Никель	Ni	0.5	0.001
Озон	O_3	0.1	0.03
Сажа	C	4	0.05
Свинец	Pb	0.007	0.003
Серы диоксид	$S0_2$	10	0.05
Серная кислота	H_2S0_4	1	0.1
Сероводород	H_2S	10	0.008
Углерода оксид	CO	20	1
Фтористый водород	HF	0.5	0.005
Хромовый ангидрид	Cr_2O_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.

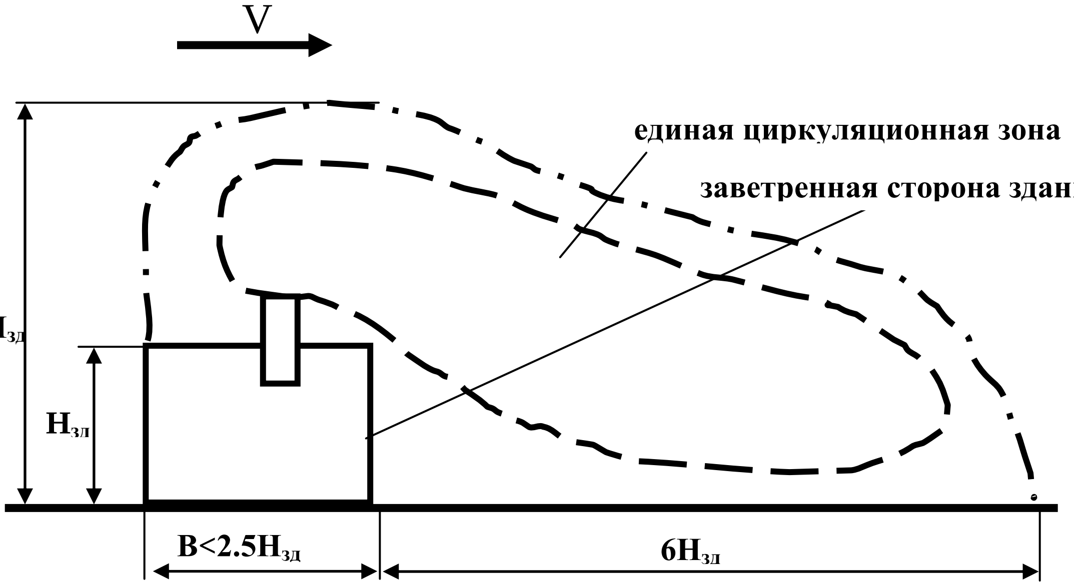

Рис. 1(а) Узкое здание

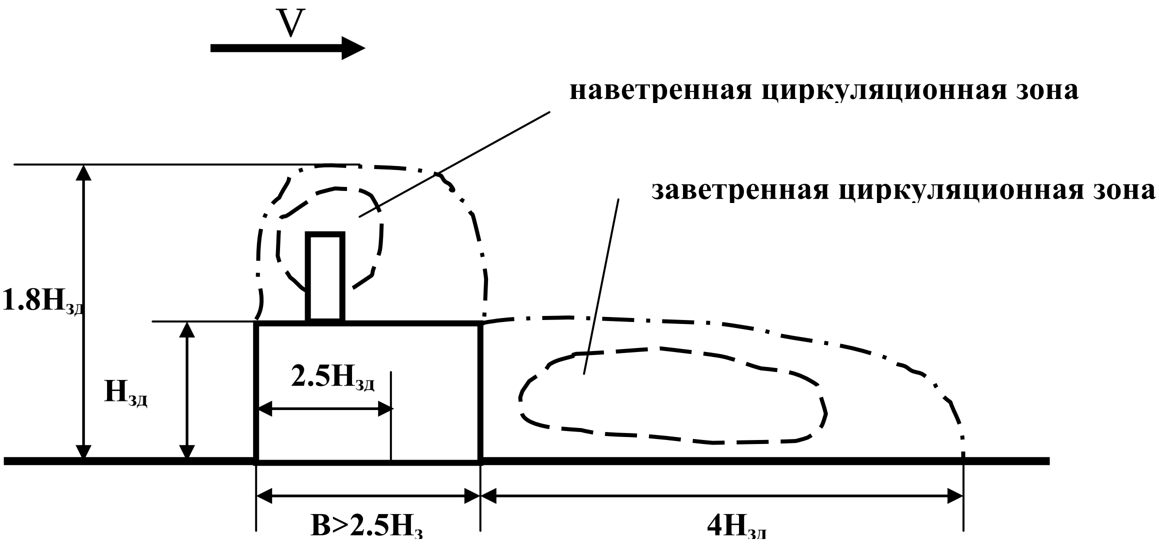

Рис1(б) Широкое

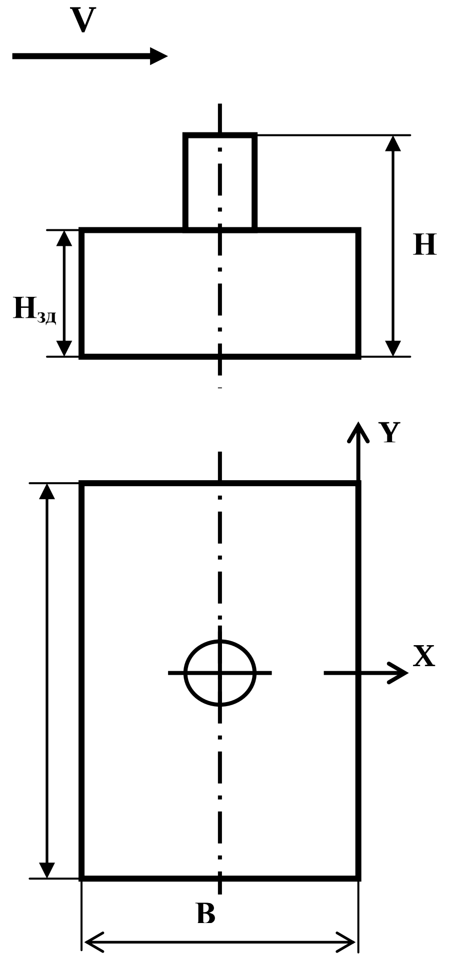

Рис 2(а)

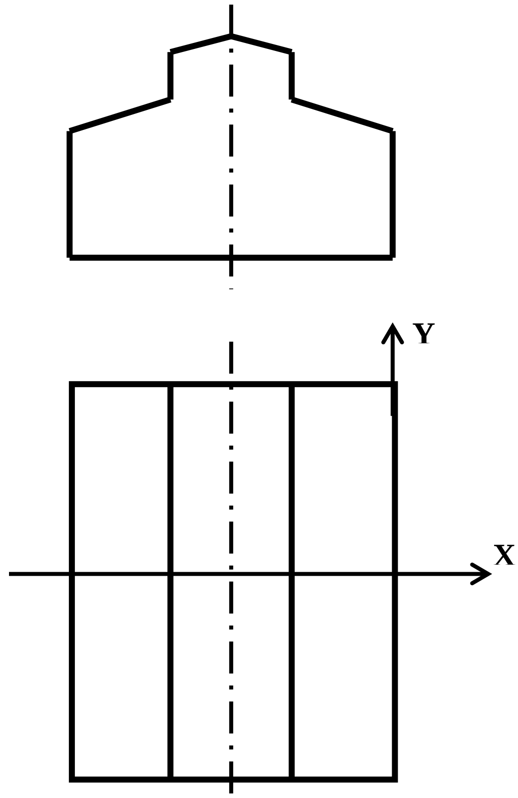

Рис. 2(б)

Узкое отдельно стоящее здание		
Источник	Зона расчета	Расчетные формулы
Точечный	$0 \le X \le 6$ Нзд	$C=\frac{1.3\cdot M\cdot K}{V}\cdot\left(\frac{0.6}{H_{ЗД}\cdot L}+\frac{42\cdot S_1}{(.4\cdot L+B+X)^2}\right)$
	$X > 6$ Нзд	$C=\frac{55\cdot M\cdot k\cdot S_1}{V\cdot(.4\cdot L+B+X)^2}$
Линейный	$0 \le X \le 6$ Нзд	$C=\frac{2\cdot M\cdot K}{V\cdot L\cdot H_{ЗД}}$
	$X > 6$ Нзд	$C=\frac{7.2\cdot M\cdot K}{V\cdot L\cdot(B+X)}$

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

Условные обозначения:

С - концетрация вредных веществ, мг/м
М - масса вредных веществ, выбрасываемых источником в атмосферу в единицу времени, г/с
К-безразмерный коэффициент, учитывающий возвышение устья источника на уровень загрязнения (при выбросе в наветренную или единую циркуляционную зону, К=1)
V - расчетная сила ветра, V = 1 м/с
Нзд- высота здания, м
L- длина здания, м
В- ширина здания, м
X-расстояние от заветренной стороны здания до расчетной точки, м
S_1-понижающий коэффициент, позволяющий определить концен- трацию 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).

3Задание 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:

$$C_А+C_Ф \le 0{,}3*ПДК_{РЗ}$$
$$C_Б+C_Ф \le 0{,}3*ПДК_{РЗ}$$

Результаты расчета занести в таблицу 2.

Таблица 2

	$C_1+C_{Ф1}$	$C_2+C_{Ф2}$	$C_3+C_{Ф3}$
А (0,0)			
Б (0,L/4)			
0,3 $ПДК_{РЗ}$			

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 - ПДКсс. Сравнить расчетные концентрации с ПДКсс.

Таблица 3

X, Y=0	$C_1+C_{Ф1}$	$C_2+C_{Ф2}$	$C_3+C_{Ф3}$
0			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
ПДКсс			

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

Таблица 4

X, Y=0	$C_1+C_{Ф1}$	$C_2+C_{Ф2}$	$C_3+C_{Ф3}$
1000			
ПДКсс			

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

$$C_i + C_{фi} = ПДК_{ссi}$$

Таблица 5

X_1 =	
X_2 =	Xмах =
X_3 =	

4 Пример расчета

Исходные данные

Источник - точечный
L = 48 м
B = 24 м
Нзд = 12 м
Н = 15 м
Вредное вещество - аммиак
М = 150 г/с
Сф = 0,01 мг/ $м^3$

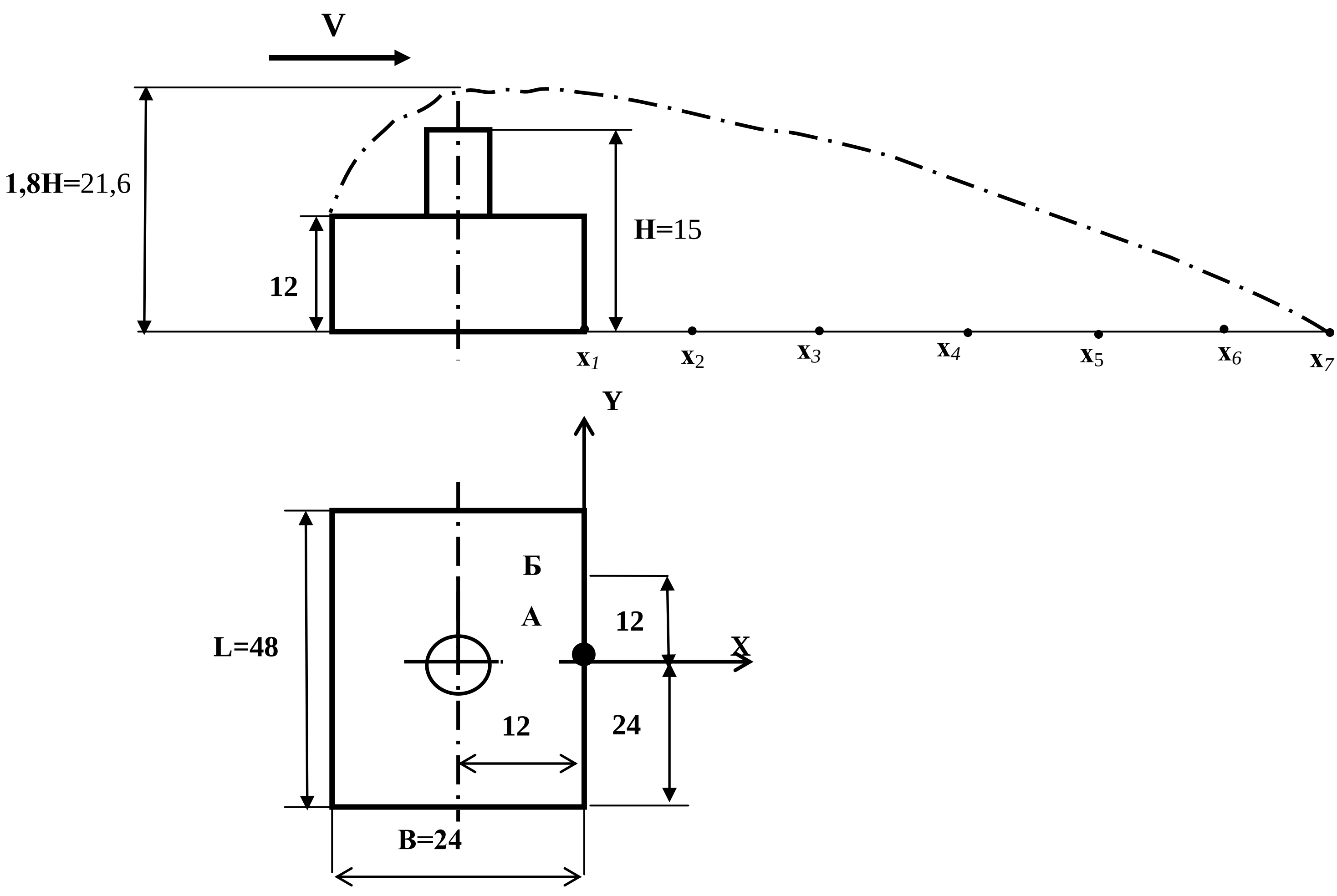

Рисунок 3 Схема к расчету

Из таблицы 1 находим ПДКрз = 20 мг/м^3
ПДКсс = 0,2 мг/м^3

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.

при $0 \le X \le 6$ Нзд ($0 \le X \le 72$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 > 72м)

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

В точках А и Б Х=0, поэтому расчет ведем по формуле 1.
Концентрация аммиака в т.А:

x=0, y=0 S_1=1

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

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

$$C_А = C + C_Ф = 1{,}18 + 0{,}01 = 1{,}19 \text{ мг/м}^3$$

Концентрация аммиака в т.Б (x=0, y =12м):

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

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

$C_Б + C_Ф$ = 0,784 + 0,01 = 0,794 мг/м^3

Таблица 6

	С+$С_Ф$, мг/м
А (0,0)	1,19
Б (0,12)	0,794
0,3ПДК$_{РЗ}$	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:

$0 \le x \le 72$м

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

$x > 72$м

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

Результаты расчета приведены в таблице 7 и на рисунке 4.

Таблица 7

X, м	$C+C_Ф$, мг/м^3
0	1,19
50	0,624
100	0,236
150	0,152
200	0,107
250	0,0809
300	0,0639
ПДКсс	0,2

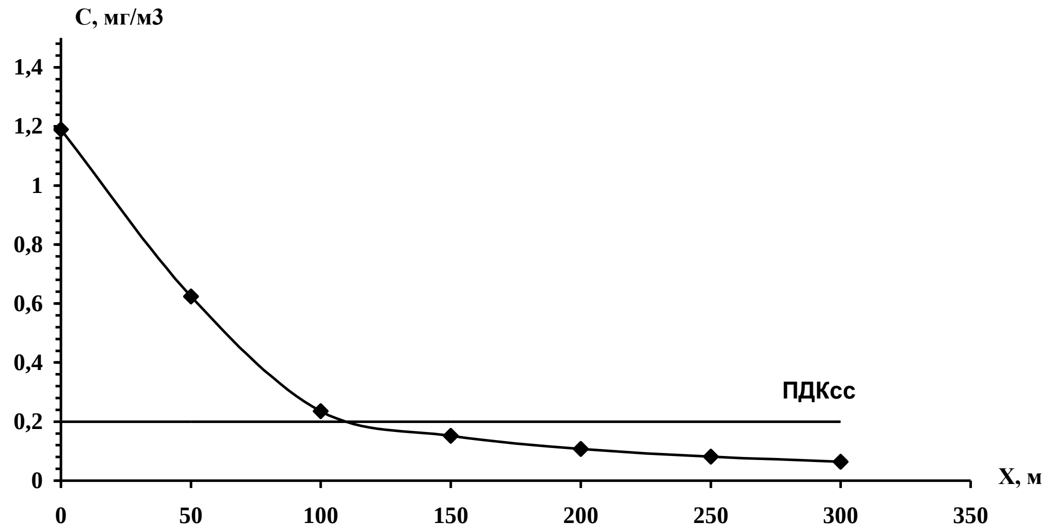

Рисунок 4

Вывод: концентрация аммиака превышает ПДКсс до расстояния 120 м.

Расчет 3.

X = 1000 м, расчет ведем по формуле 2.

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

$C + C_Ф = 0{,}00693 + 0{,}01 = 0{,}01693$

Результаты расчета приведены в таблице 8

Таблица 8

X, Y=0	$C+C_Ф$, мг/м^3
1000	0,01693
ПДКсс	0,2

Вывод: возможно размещение жилых домов на границе санитарной зоны.

Расчет 4.

$C + C_Ф =$ 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	Хмах = 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

Нзд - высота здания, м

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

Сф - фоновая концентрация вредного вещества, мг/м

6. Рекомендуемая литература

1. СН 245 - 71

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

Таблица 10 – Исходные данные

№	Вид источника	Габариты здания, м			Высота трубы H, м	Вещество 1		
		L	B	H		Название	M_1, г/с	$C_{ф1}$, мг/м^3
1	точечный	40	24	10	15	SiO_2	200	0,01
2	точечный	42	20	12	18	Al_2O_3	180	0
3	точечный	44	18	14	22	NO_2	160	0,002
4	точечный	46	28	10	17	NH_3	80	0,006
5	точечный	48	32	12	18	O_3	10	0
6	точечный	36	24	8	12	CH_3COOH_3	20	0
7	линейный	40	20	12	16	NO_2	100	0,01
8	линейный	42	26	14	18	Cr_2O_3	2,5	0
9	линейный	44	24	16	20	H_2SO_4	80	0,01
10	линейный	50	28	10	15	NO_2	100	0,01
11	линейный	48	32	12	16	NH_3	100	0,08
12	линейный	60	36	10	16	NO_2	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_3	100	0,006
17	точечный	48	40	12	15	Cr_2O_3	2,2	0
18	точечный	60	36	12	16	Ni	1,8	0
19	линейный	60	42	16	19	NO_2	80	0,01
20	линейный	60	46	18	20	Fe_2O_3	300	0,01
21	линейный	48	36	12	14	SiO_2	160	0,01
22	линейный	50	36	16	18	SO_2	100	0,002
23	линейный	52	24	10	13	Al_2O_3	110	0
24	линейный	48	24	12	18	O_3	8,0	0
25	точечный	40	20	10	15	C	100	0,001
26	точечный	80	40	16	20	CH_3COOH_3	10	0,02
27	линейный	120	46	12	18	SiO_2	180	0,002
28	линейный	100	60	14	19	NO_2	150	0
29	точечный	60	30	15	20	NO_2	60	0,005
30	линейный	90	24	12	22	NH_3	100	0,01

Продолжение таблицы 10 – Исходные данные

№	Вещество 2			Вещество 3		
	Название	M_2, г/с	$C_{ф2}$, мг/м^3	Название	M_3, г/с	$C_{ф3}$, мг/м^3
1	C	180	0,01	SO_2	80	0,004
2	Fe_2O_3	250	0	CO	100	0,02
3	CO	120	0,1	SiO_2	100	0,01
4	SiO_2	180	0,004	$C_{20}H_{12}$	0,3	0
5	H_2S	120	0	SO_2	140	0,01
6	CO	100	0,01	SO_2	60	0,001
7	CO	120	0,03	$C_{20}H_{12}$	0,5	0
8	Ni	3,0	0	CO	140	0,08
9	H_2S	100	0,001	HF	16	0
10	C	190	0,01	Al_2O_3	25	0
11	H_2SO_4	120	0	CH_3COOH_3	1,4	0,07
12	H_2S	120	0	$C_{20}H_{12}$	0,1	0
13	Ni	2,6	0	Pb	3,8	0,001
14	SO_2	140	0,01	$C_{20}H_{12}$	0,9	0
15	H_2S	110	0	SO_2	200	0,01
16	Ni	1,8	0	O_3	2,6	0,001
17	Pb	0,24	0,001	HF	16	0
18	Fe_2O_3	210	0,01	H_2S	12	0
19	CO	120	0,03	Pb	2,0	0
20	SiO_2	260	0,002	C	200	0
21	SO_2	120	0,003	O_3	8,0	0
22	Fe_2O_3	180	0,01	H_2S	160	0
23	HF	12	0	NH_3	140	0,03
24	H_2S0_4	140	0,02	SiO_2	180	0,01
25	Al_2O_3	20	0	NH_3	100	0,01
26	$C_{20}H_{12}$	0,1	0	Fe_2O_3	50	0,002
27	Cu	11	0	NiO	0,8	0
28	SO_2	120	0,003	CO	90	0,01
29	H_2S0_4	150	0,001	C	100	0,003
30	H_2S	120	0,001	HF	15	0