

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Иркутский государственный технический университет**

С.С. Тимофеева, Т.И. Дроздова

ТЕХНОЛОГИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ЗАЩИТЫ

ПРАКТИКУМ

**Издательство
Иркутского государственного технического университета
2012**

Тимофеева С.С., Дроздова Т.И. **Технология средств и систем защиты. Практикум:** методические указания к выполнению практических работ – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 68с.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИрГТУ

Рецензент: канд. хим. наук, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» ИрГТУ, **Е.А. Хамидуллина**

Учебное пособие соответствует требованиям ФГОС-3 УГС 280000 «Безопасность жизнедеятельности, природообустройство и защита окружающей среды» для магистрантов по направлению 280700 «Техносферная безопасность» профиль подготовки: 280701 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» программа «Народосбережение. Управление профессиональными, экологическими и аварийными рисками»

Предлагаются практические работы по оценке и анализу средств защиты, обеспечивающих безопасные условия труда на предприятиях и организациях разного профиля.

В каждой практической работе дается теоретический материал, раскрывающий современные достижения в области оценки средств защиты, приводится алгоритм выполнения процедуры расчета.

Предназначено для студентов технических университетов, обучающимися по направлению магистратуры 280700 «Техносферная безопасность», также слушателями курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров, специалистов по охране труда промышленных предприятий и широкого круга заинтересованных читателей

© Тимофеева С.С., 2012

© Дроздова Т.И., 2012

© Иркутский государственный
технический университет, 2012

Оглавление

	Введение	4
	Общие методические указания к практическим работам	5
	Практические работы:	
1.	Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами	6
2	Выбор и расчет средств очистки газов	19
3	Расчет загрязненного атмосферного воздуха у поверхности земли при рассеивании нагретых газоздушных выбросов через одноствольную трубу	22
4	Расчет кратности разбавления сточных вод в расчетном створе водоиспользования	26
5	Расчет эффективности очистки воздуха, выбрасываемого в атмосферу, пылеулавливающим оборудованием	29
6	Расчет снижения шума на территории промышленного предприятия	33
7	Исследование источников шума в окружающей среде	37
8	Электрическое поле и шум, создаваемые воздушными линиями электропередач высокого напряжения	44
9	Электромагнитные излучения, создаваемые телевизионными станциями	51
10	Расчет фильтров для очистки сварочных аэрозолей	58
	Рекомендуемая литература	67

Введение

Область профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» включает обеспечение безопасности человека в современном мире, формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизацию техногенного воздействия на природную среду, сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования.

Данное практическое пособие разработано в соответствии с требованиями направления подготовки. В настоящем пособии приведены расчетные работы, позволяющие магистрантам вузов освоить современный подход оценки факторов производственной среды, анализировать и оценивать степень опасности антропогенного воздействия на человека. Освоение методов расчетов производственных рисков позволит магистрантам формировать умение и способности прогнозировать, определять зоны повышенного техногенного риска и зоны повышенного загрязнения, реализовывать на практике в конкретных условиях известные мероприятия (методы) по защите человека в техносфере.

Практикум предназначен для магистрантов вузов, обучающихся по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность», профилю подготовки ««Безопасность жизнедеятельности в техносфере» программа «Народосбережение. Управление профессиональными, экологическими и аварийными рисками».

Практикум может быть полезен бакалаврам и магистрантам технических специальностей, а также специалистам различных предприятий.

Общие методические указания к практическим работам

Приведенные в пособии практические работы рассчитаны на двухчасовые занятия в аудитории подготовленных магистров. Работы могут выполняться одновременно несколькими звеньями магистров по отдельным заданиям.

Для выполнения расчетных работ магистрам выдаются необходимые методические указания и, в случае необходимости, дополнительные справочные и нормативные материалы. Выполненная работа предоставляется преподавателю в виде отчета установленной формы (см. форму отчета).

ОТЧЕТ **по практической работе** (указываются тема работы и номер задания)

1. *Цель и задачи работы.*
2. *Краткое описание сущности методики исследований/расчетов*
3. *Таблицы с результатами исследований/расчетов.*
4. *Расчеты.*
5. *Графики.*
6. *Выводы по работе.*

Работу выполнил

студент группы

Ф.И.О.

Проверил

Ф.И.О.

Полностью оформленный отчет представляется преподавателю на проверку и защиту выполненной работы.

Практическая работа 1

Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами

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.

Теоретические положения

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, 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 заветренной 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 заветренная циркуляционная зона, длиной 4 $H_{зд}$ и высотой около $H_{зд}$.

Таблица 1

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ

Вредное вещество	Химическая формула	ПДК _{крз}	ПДК _{сс}
Азота диоксид	NO ₂	5	0.085
Алюминия оксид	Al ₂ O ₃	2	0.02
Аммиак	NH ₃	20	0.2
Ацетон	CH ₃ COOH ₃	200	0.35
3,4 бензпирен	C ₂₀ H ₁₂	0.00015	10 ⁻⁶
Железа оксид	Fe ₂ O 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	SO ₂	10	0.05
Серная кислота	H ₂ SO ₄	1	0.1
Сероводород	H ₂ S	10	0.008
Углерода оксид	CO	20	1
Фтористый водород	HF	0.5	0.005
Хромовый ангидрид	Cr ₂ 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.

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.

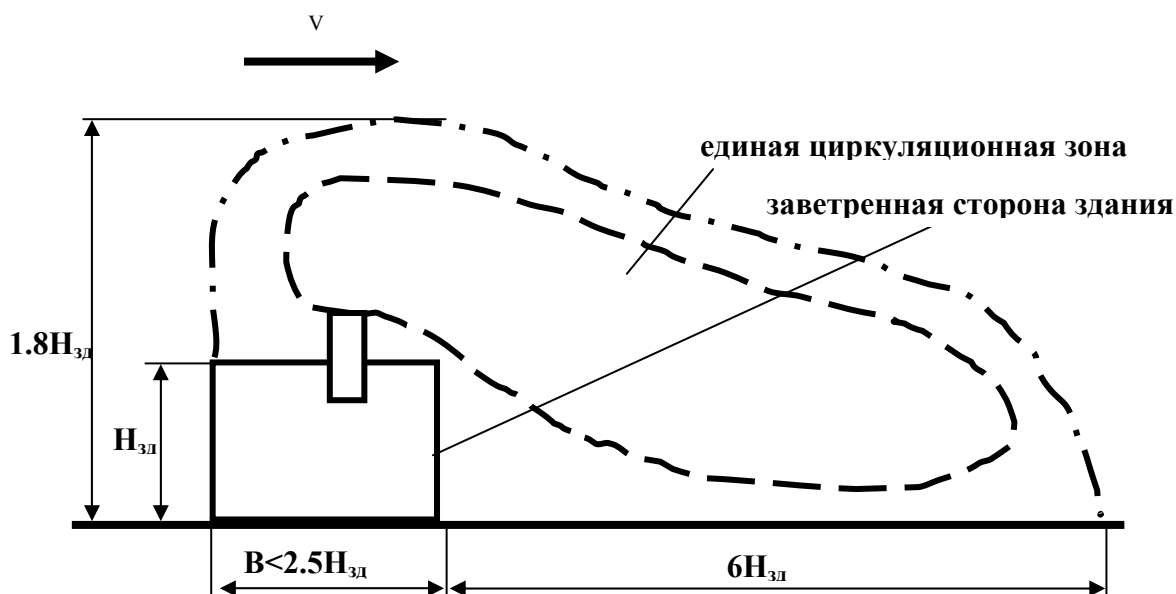


Рис. 1(а) Узкое здание

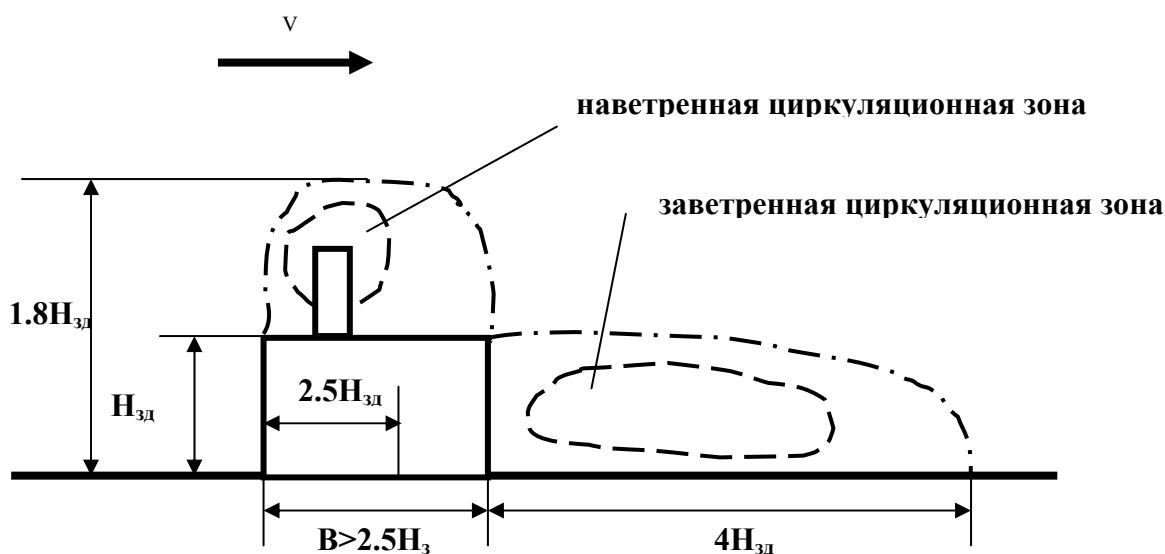


Рис.1(б) Широкое

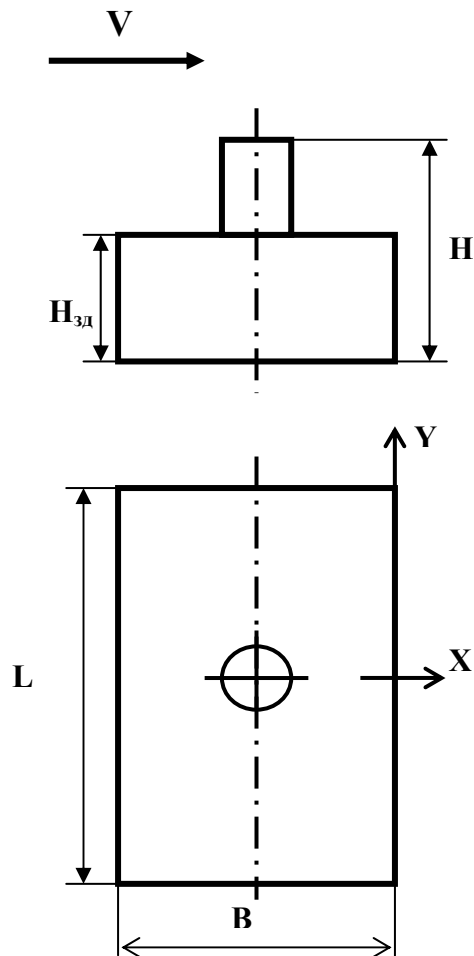


Рис. 2(а)

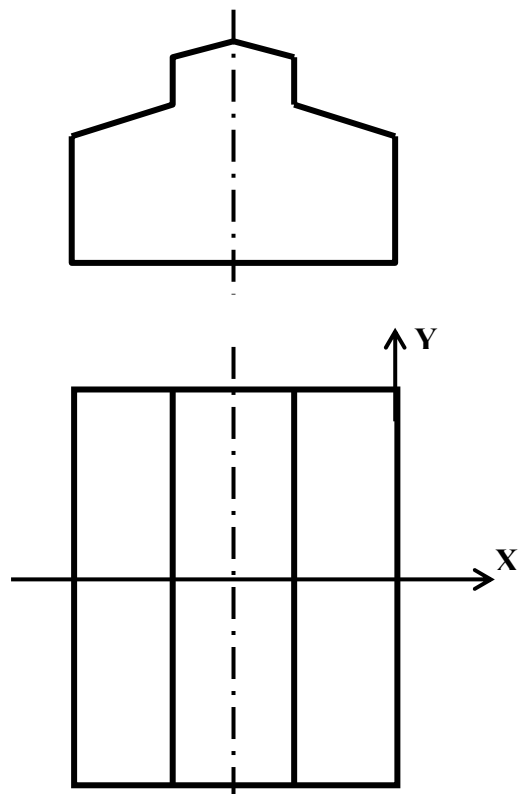


Рис. 2(б)

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	$0 \leq X \leq 6 H_{зд}$	$C = \frac{2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot H_{зд}}$
	$X > 6 H_{зд}$	$C = \frac{7.2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot (B + X)}$

Широкое отдельно стоящее здание		
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 заветренной стороны здания до расчетной точки, м

S₁-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).

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучить методические указания.
2. Выполнить расчеты в соответствии с заданиями.

Задание 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:

$$C_A + C_{\Phi} \leq 0,3 * ПДК_{P3}$$

$$C_B + C_{\Phi} \leq 0,3 * ПДК_{P3}$$

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 _{P3}			

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_{сс}. Сравнить расчетные концентрации с ПДК_{сс}.

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 _{сс}			

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 _{сс}			

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

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

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

$M = 150 \text{ г/с}$

$C_{\phi} = 0,01 \text{ мг/м}^3$

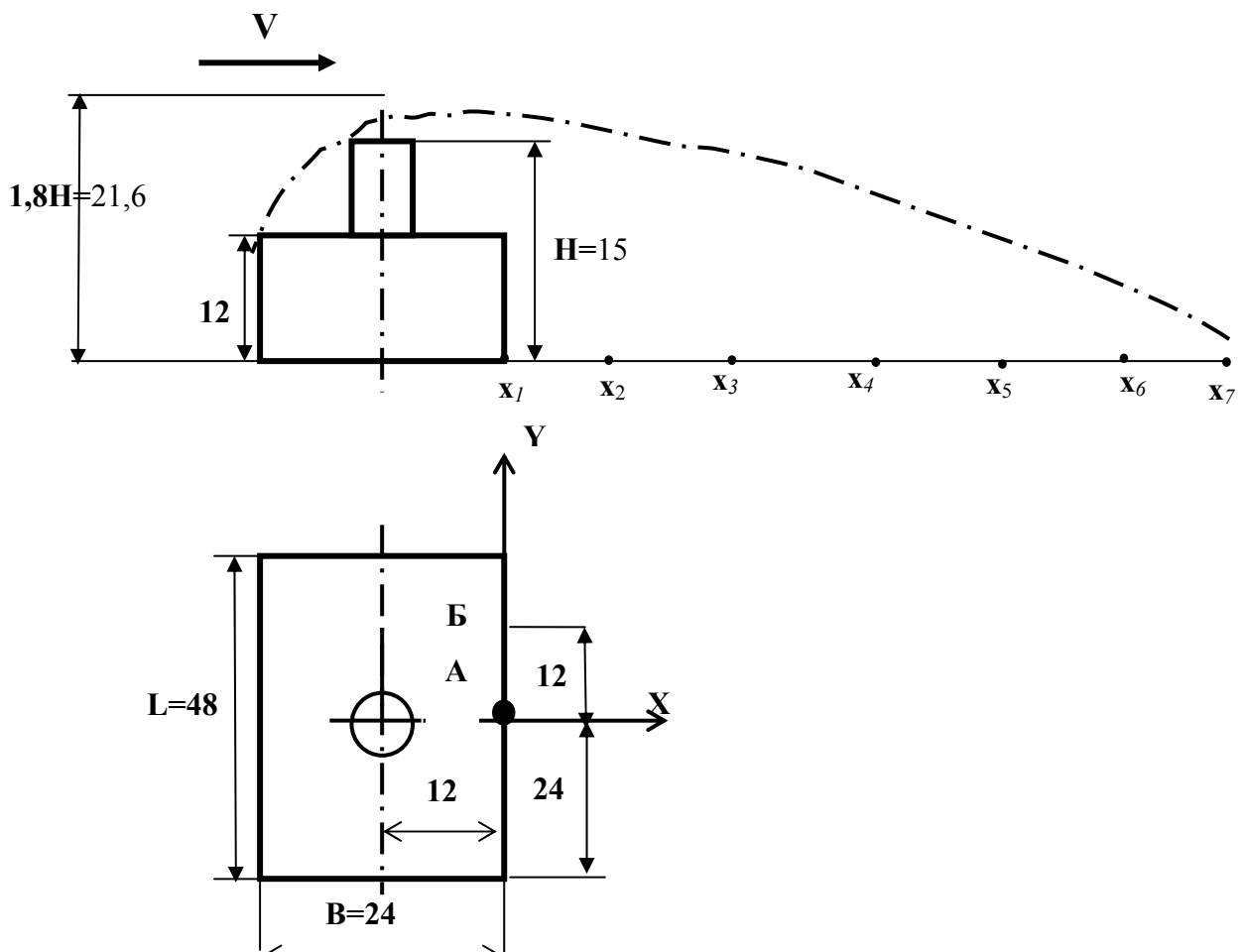


Рис.3. Схема к расчету

Из табл. 1 находим $\text{ПДК}_{\text{крз}} = 20 \text{ мг/м}^3$ и $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,2 \text{ мг/м}^3$

Расчет 1:

Точка А(0,0), точка Б(0,12)

Так как $2,5H_{зд} = 30\text{м}$, т.е. меньше $B = 24\text{м}$, следовательно, здание относится к узким, и расчеты ведем по следующим формулам.

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

$$C = \frac{1.3 \cdot M \cdot K}{V} \cdot \left(\frac{0.6}{H_{зд} \cdot L} + \frac{42 \cdot S_1}{(1.4 \cdot L + B + X)^2} \right) \quad (1)$$

при $X > 6 H_{зд}$ ($X > 72\text{м}$)

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

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

Концентрация аммиака в точке 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:

$$C_A = C + C_{\Phi} = 1.18 + 0.01 = 1.19 \text{ мг/м}^3$$

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

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

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

$$C_B + C_{\Phi} = 0.784 + 0.01 = 0.794 \text{ мг/м}^3$$

Таблица 6

	$C + C_{\Phi}$, 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:

$$0 \leq x \leq 72 \text{ м}$$

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

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

$$x > 72 \text{ м}$$

Результаты расчета сводим в табл. 7 и на рисунок 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

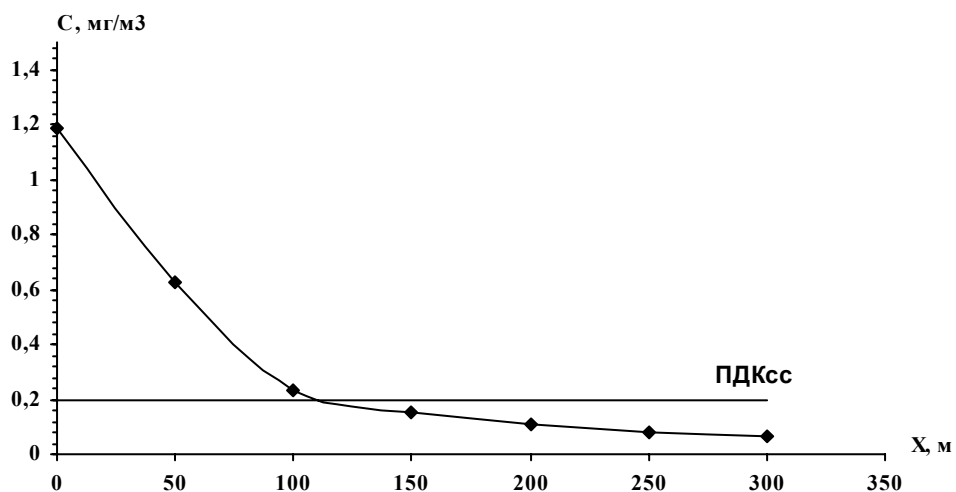


Рис. 4. Графическая зависимость концентрации от расстояния X (м)

Вывод: концентрация аммиака превышает ПДКсс до расстояния 120 м.

Расчет 3.

Расчет проводим при $X = 1000$ м по формуле (2).

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

$$C + C_{\text{ф}} = 0.00693 + 0.01 = 0.01693$$

Результаты расчета приведены в таблице 8

Таблица 8

$X, Y=0$	$C+C_{\text{ф}}, \text{мг/м}^3$
1000	0,01693
ПДКсс	0,2

Вывод: возможно размещение жилых домов на границе санитарной зоны.

Расчет 4.

Для расчета используем условие:

$$C + C_{\text{ф}} = \text{ПДКсс}$$

$$C = \frac{55 \cdot M \cdot K \cdot S_1}{V(1.4L + B + X)^2} + 0.01 = \frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1(1.4 \cdot 48 + 24 + X^2)} + 0.01 = 0.2 \text{ мг/м}^3$$

Где $X = 117$ м.

Результаты расчета приведены в таблице 9

Таблица 9

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

Вывод: жилые дома можно строить на расстоянии 117 м.

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

$H_{\text{зд}}$ - высота здания, м

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

$C_{\text{ф}}$ - фоновая концентрация вредного вещества, мг/м

Рекомендуемая литература

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

Таблица 10

Исходные данные

№	Вид источника	Габариты здания, м			Высота трубы <i>H</i> , <i>м</i>	<i>Вещество 1</i>		
		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 ₂ O 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 ₃ COCH ₃	20	0
7	линейный	40	20	12	16	NO ₂	100	0,01
8	линейный	42	26	14	18	Cr ₂ O ₃	2,5	0
9	линейный	44	24	16	20	H ₂ SO 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_3COCH_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

№	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 ₂ O 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 ₂ S	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 ₂ S	100	0,001	HF	16	0
10	C	190	0,01	Al ₂ O ₃	25	0
11	H ₂ SO ₄	120	0	CH ₃ COCH ₃	1,4	0,07
12	H ₂ S	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 ₂ S	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 ₂ O ₃	210	0,01	H ₂ S	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 ₂ O ₃	180	0,01	H ₂ S	160	0
23	HF	12	0	NH ₃	140	0,03
24	H ₂ SO ₄	140	0,02	SiO ₂	180	0,01
25	Al ₂ O ₃	20	0	NH ₃	100	0,01
26	C ₂₀ H ₁₂	0,1	0	Fe ₂ O ₃	50	0,002
27	Cu	11	0	NiO	0,8	0
28	SO ₂	120	0,003	CO	90	0,1
29	H ₂ SO ₄	150	0,001	C	100	0,003
30	H ₂ S	120	0,001	HF	15	0

Практическая работа 2

Выбор и расчет средств очистки газов

Цель работы – ознакомиться с принципом работы циклона – аппарата сухой очистки от пыли, выбрать и рассчитать циклон для заданного источника образования пыли.

Теоретические положения

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются автомобили, промышленные предприятия и тепловые электростанции. Ежегодно в воздух предприятиями черной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов выбрасывается более 250 млн т мелкодисперсной пыли. Загрязнение атмосферы оказывает неблагоприятное воздействие на человека, флору и фауну, различные сооружения и транспортные средства и др. Очистка промышленных выбросов осуществляется в аппаратах сухой и мокрой очистки. Одним из аппаратов сухой очистки является циклон.

Принцип работы циклона

Широкое применение для сухой очистки газов от пыли получили циклоны различных типов. В настоящее время применяется около двадцати типов циклонов. Сравнительные испытания циклонов различного типа показали, что для промышленного применения они могут быть ограничены в большинстве случаев цилиндрическими и коническими циклонами НИИОГАЗ (научно-исследовательский институт по промышленной и санитарной очистке газов). Наиболее часто применяются цилиндрические циклоны марок ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24, конические СК ЦН-34, СК ЦН-34М, СДК ЦН-33, конструктивные схемы которых представлены на рис.1(1). Геометрические размеры цилиндрических и конических циклонов указываются в долях от внутреннего диаметра.

Газовый поток вводится в циклон через патрубок по касательной к внутренней поверхности корпуса и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса к бункеру. На частицу пыли действуют - сила тяжести, сила сопротивления среды, центробежная сила. Центробежная сила направлена по радиусу к стенкам циклона и определяется по формуле:

$$F_{цб} = \frac{\pi d_4^3}{6} \frac{W_{тг}^2}{R} (\rho_4 - \rho_г)$$

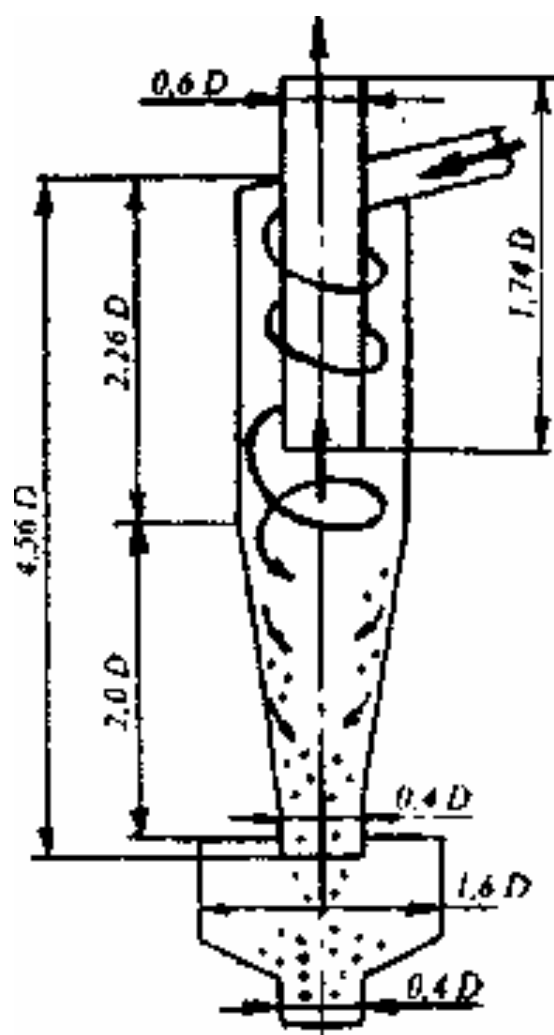
где d_4 - диаметр частиц,

$W_{тг}$ - тангенциальная составляющая скорости газа.

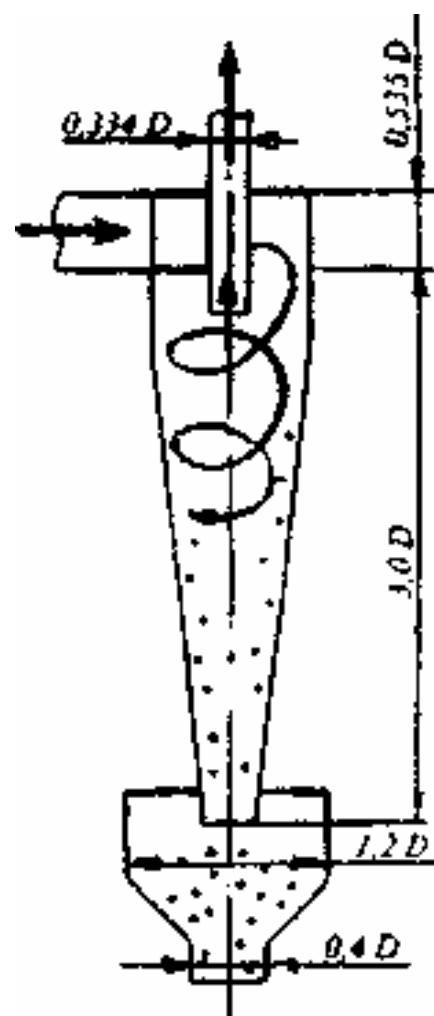
R - радиус циклона,

ρ_4 - плотность частиц пыли,

$\rho_г$ - плотность газа.



Циклон цилиндрический



Циклон конический

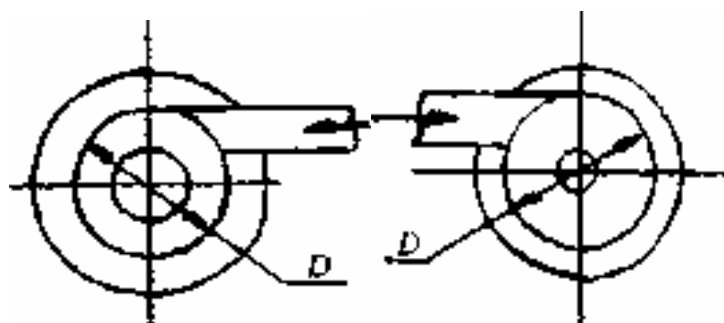


Рис. 1. Циклоны

Эффективность циклона выше, чем больше диаметр частиц пыли, её удельный вес, скорость вращения газового потока и чем меньше диаметр циклона. Под действием центробежной силы частицы пыли образуют на стенках циклона пылевой слой, который постепенно опускается в бункер. Отделение частиц пыли от газа, попавшего в бункер, происходит при повороте газового потока в бункере на 90 град. Освободившись от пыли, газовый поток образует вихрь и выходит через выходную трубу. Циклоны не применяются для очистки влажных газов и взрывоопасных сред.

Циклоны НИИОГАЗ подразделяются на высокоэффективные и высокопроизводительные. Циклоны СДК ЦН-33, СК ЦН 34, ЦН-11 относятся к высокоэффективным циклонам. При диаметрах менее 1 м они обеспечивают степень очистки $\eta = 0.85 - 0.95$ при улавливании частиц диаметром более 5 мкм. Циклоны типа ЦН-24 относятся к высокопроизводительным, они могут надежно и без забивания работать при высокой входной запыленности. Циклоны типа ЦН-15 занимают среднее положение и обеспечивают несколько меньшую степень очистки, чем циклоны ЦН-11, но обладают большей надежностью при работе в условиях повышенной запыленности.

При выборе и расчете циклонов необходимо учитывать свойства пыли - абразивность и слипаемость. Для уменьшения абразивного износа следует выбирать циклоны, исходя из наименьших значений скорости газа. При улавливании сильно слипающейся пыли не рекомендуется применять циклоны малого диаметра (менее 0,8 м), которые склонны к залипанию. Так для очистки газов от сажи применяются конические циклоны серии СК, которые обладают высокой эффективностью за счет более высоко гидравлического сопротивления

Расчет циклонов

Расчет циклонов ведут методом последовательных приближений.

Таблица 1

Параметры, определяющие эффективность циклонов

Параметры*	Тип циклона						
	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	СДК ЦН-33	СК ЦН-34	СК ЦН 34М
$\omega_{оп}, \text{м/с}$	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0
$d_{оп}^T, \text{мкм}$	8,50	6,00	4,50	3,65	2,31	1,95	1,13
$\lg \delta_{\eta}^T$	0,308	0,283	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340

* Обозначения: $\omega_{оп}$ - скорость движения газа в циклоне, м/с,
 $d_{оп}^T$ - диаметр частиц осаждаемых с эффективностью 50%, мкм,

$\lg \delta_{\eta}^T$ - стандартное отклонение функции распределения парциальных коэффициентов очистки.

Расчет начинают с цикло на, для которого диаметр частиц пыли должен быть ориентировочно $d_m > 2d_{50}^T$. d_m - медианный размер частиц, который представляет такой размер, при котором количество частиц крупнее d_m , равно количеству частиц мельче d_m .

Диаметр циклона вычисляется по формуле :

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * \omega_{оп}}} \quad (1)$$

где Q - количество очищаемого газа, м³/с.

Полученное значение диаметра D округляется до ближайшего типового значения внутреннего диаметра циклона D_ц (табл.2).

Таблица 2

Типовые значения внутреннего диаметра циклона

D _ц , м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

По выбранному диаметру циклона находится действительная скорость движения газа в циклоне :

$$\omega_p = \frac{4 * Q}{\pi * D_{ц}^2}, \text{ м/с} \quad (2)$$

Действительная скорость в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более, чем на 15%

$$100 * \left| \frac{\omega_p - \omega_{оп}}{\omega_{оп}} \right| \leq 15\%$$

При отклонении более чем 15% выбирают другой тип циклона.

Параметр d_{50} определяют следующим образом. d_{50} - диаметр частиц реально осаждаемых с эффективностью 50% при рабочих условиях. Величина d_{50} определяется по формуле :

$$d_{50} = d_{50}^T * \sqrt{\frac{D_{ц} * \rho_{ч} * \mu * \omega_T}{D_T * \rho_{чм} * \mu_T * \omega_p}} \quad (3)$$

Значение d_{50}^T соответствует следующим параметрам работы циклона:

$$\omega_T = 3,5 \text{ м/с}$$

$$D_T = 0,6 \text{ м}$$

$$\rho_{чм} = 1930 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu_T = 22,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

С учетом этих значений формула (3) принимает вид :

$$d_{50} = d_{50}^T * \sqrt{\frac{D_{ц} * 1930 * \frac{\mu}{\rho_{\eta}} * \frac{3,5}{22,2 \cdot 10^{-6}} * \frac{3,5}{\omega_p}}{0,6}} \quad (4)$$

Полученное значение d_{50} должно быть меньше d_m (заданного). Если это не выполняется, то необходимо выбрать другой циклон с меньшим значением d_{50}^T

Расчет параметра X ведут по формуле :

$$X = \frac{\lg(d_m/d_{50})}{\sqrt{\lg^2 \delta_{\eta}^T + \lg^2 \delta_{\eta}}} \quad (5)$$

По величине параметра X определяют значение нормальной функции распределения $\Phi(X)$. Функция $\Phi(X)$ - это полный коэффициент очистки газа, выраженный в долях.

$$\Phi(X) = \begin{cases} 0,3762 \cdot X + 0,5 & 0 \leq X \leq 0,6 \\ 1 - \frac{1}{5,8 \cdot X + 0,5} & X > 0,6 \end{cases}$$

Эффективность очистки газа в циклоне (η) определяются :

$$\eta = \frac{1 + \Phi(X)}{2} \quad (6)$$

Полученное значение сопоставляют с требуемым. Если η окажется меньше требуемого, то необходимо выбрать другой тип циклона с меньшим значением ω_{on} и d_{50}^T .

Определение коэффициента гидравлического сопротивления циклона :

$$\xi = K_1 * K_2 * \xi_{500} \quad (7)$$

где K_1 - поправочный коэффициент на диаметр циклона (табл. 3),

K_2 - поправочный коэффициент на запыленность газа (табл. 4),

ξ_{500} - коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона диаметром 500 мм (табл. 5).

Таблица 3

Поправочный коэффициент K_1 (3)

$D_{ц}, \text{ м}$	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24	СДК ЦН-3, СДК ЦН-34, СДК ЦН-34М
0,2	0,95	0,90	1,00
0,3	0,96	0,93	1,00
0,4	0,99	1,00	1,00
$\geq 0,5$	1,00	1,00	1,00

Таблица 4

Поправочный коэффициент K_2 (3)

Тип циклона	Запыленность на входе, г/м ³ (C_{BX})						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85
ЦН-15	1,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15У	1,00	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-15У	1,00	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1,00	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК ЦН-33	1,00	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК ЦН-34	1,00	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК ЦН-34М	1,00	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблица 5

Коэффициент гидравлического сопротивления ξ_{500} (2)

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15, ЦН-15У	ЦН-11	СДК ЦН-33	СК ЦН-34 СК ЦН- 34М
ξ_{500}	75	155	245	520	1050

Вычисление гидравлического сопротивления циклона производят по формуле

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \omega_p^2}{2}, \text{ Па}$$

где ρ - плотность газа, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

ω_p - скорость газа в циклоне, м/с.

Расчет мощности привода подачи газа. Величина гидравлического сопротивления и объемный расход (Q) очищаемого газа определяют мощность (N) привода устройства для подачи газа к циклону:

$$N = \frac{K_3 \Delta P Q}{\eta_M \eta_B} \quad (9)$$

K_3 - коэффициент запаса мощности, ($K_3 = 1,2$);

η_M - КПД передачи мощности от электродвигателя к вентилятору ($\eta_M = 0,8$);

η_B - КПД вентилятора ($\eta_B = 0,8$).

Определение концентрации пыли на выходе из циклона :

$$C_{BIX} = C_{BX} (1 - \eta), \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \quad (10)$$

Задание к работе

По своему варианту рассчитать циклон для заданного источника выделения пыли. Начертить циклон с указанием размеров.

Пример расчета

Исходные данные:

оборудование - вращающаяся цементная печь,

$$Q = 12 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\rho = 1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$d_M = 18 \text{ мкм}$$

$$\lg \delta_4 = 0,652 \quad C_{\text{ВХ}} = 20 \text{ г}/\text{м}^3$$

$$\rho_q = 2000 \text{ кг}/\text{м}^3 \quad \eta = 0,8$$

Исходя из заданного размера частиц пыли ($d_M = 18 \text{ мкм}$), выбираем циклон, который очищает от частиц пыли размером $d_{50}^T = 8,5 \text{ мкм}$.

Циклон: ЦН - 24

$$\omega_{\text{оп}} = 4,5 \text{ м}/\text{с} \quad d_{50}^T = 8,5 \text{ мкм} \quad \lg \delta_\eta^T = 0,308$$

Определяем диаметр циклона

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12}{\pi \cdot 4,5}} = 1,84 \text{ м}$$

По таблице 2 выбираем ближайшее значение типового диаметра $D_{\text{ц}} = 1,8 \text{ м}$

$$\omega_p = \frac{4 \cdot 12}{\pi \cdot 1,8^2} = 4,72 \text{ м}/\text{с}$$

$$100 \left| \frac{4,72 - 4,5}{4,5} \right| = 4,8\% < 15\%$$

$$d_{50} = 8,5 * \sqrt{\frac{1,8}{0,6} * \frac{1930}{2000} * \frac{17,3 \cdot 10^{-6}}{22,2 \cdot 10^{-6}} * \frac{3,5}{4,72}} = 9,7 \text{ мкм}$$

$$d_{50} = 9,7 < d_M = 18 \text{ мкм}$$

$$X = \frac{\lg\left(\frac{18}{9,7}\right)}{\sqrt{0,308^2 + 0,652^2}} = 0,372$$

$$\Phi(X) = 0,3762 * 0,372 + 0,5 = 0,64$$

$$\eta = \frac{1 + 0,64}{2} = 0,82 \quad \eta > 0,8$$

$$\xi = 1 \cdot 0,93 * 75 = 69,75$$

$$\Delta 3 = 69,75 * \frac{1,29 * 4,72^2}{2} = 1002 \text{ Па}$$

$$N = \frac{1,2 * 1002 * 12}{0,8 * 0,8} = 22551 \text{ Вт}$$

$$C_{\text{ВЫХ}} = 20 * (1 - 0,812) = 3,76 \text{ г}/\text{м}^3$$

Выводы: циклон ЦН - 24 ; $D_{ц} = 1,8\text{м}$; $\eta = 0,82$; $N = 22551\text{ Вт}$;
 $C_{\text{ВЫХ}} = 3,76 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

Варианты заданий

Согласно заданию преподавателя (табл. 6) выбрать и рассчитать циклон, обеспечивающий требуемую эффективность очистки газа.

Обозначения принятые в табл. 6:

$Q, \text{м}^3/\text{с}$ - объем очищаемого газа,

$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность газа при рабочих условиях,

$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$ - вязкость газа при рабочей температуре,

$d_M, \text{мкм}$ - медианный размер частиц пыли,

$\lg \delta_4$ - стандартное отклонение размеров частиц пыли,

$C_{\text{ВХ}}, \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ - входная концентрация пыли,

$\rho_4, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность частиц пыли,

η - требуемая эффективность очистки газа.

Таблица 6

Исходные данные для расчета циклона

№	Наименование оборудования	Q	ρ	μ	d_M	$\lg \delta_4$		ρ_4	η
1	Клинкерно-обжиговая печь	20	1,29	17,3	23	0,501	30	2000	0,85
2		26	1,29	17,3	20	0,602	10	2000	0,80
3		10	1,29	17,3	14	0,535	25	2000	0,80
4		16	1,29	17,3	9	0,497	20	2000	0,80
5	Шахтная мельница	0.1	1,29	17,3	56	0,97	100	2240	0,80
6	Крекинг установка	2	1,29	17,3	16	0,250	10	2600	0,85
7		10	1,29	17,3	14	0,250	20	2600	0,85
8	Крекинг установка	10	1,29	17,3	7	0,301	15	2600	0,85
9	Углесушильный барабан	5	1,29	17,3	15	0,334	50	1350	0,80
0	Шаровая мельница	1	1,29	17,3	6	0,468	20	2900	0,80
11	Вращающаяся цементная печь	10	1,29	17,3	7	0,345	40	2000	0,80
12	Вращающаяся цементная печь	10	1,29	17,3	18	0,652	20	2000	0,85
13	Электролизер алюминия	5	1,29	17,3	10	0,352		2700	0,85
14	Вращающаяся	2	1,29	17,3	3	0,215	100	2900	0,85

	печь обжига								
15	Вращающаяся печь обжига	3	1,29	17,3	8	0,506	40	2650	0.80
16	Распылительная сушилка	10	1,29	17,3	8	0,210	4	1800	0.80
17	Барабанная сушилка	10	1,29	17,3	15	0,360	10	1800	0,80
18		12	1,29	17,3	11	0,360	20	1800	0,80
19	Барабанная сушилка	8	1,29	17,3	20	0,352	10	2700	0,85
20	Цементная мельница	5	1,29	17,3	12	0,468	60	2900	0,85
21	Наждачный станок	0,5	1,29	17,3	38	0,214	10	2500	0.85
22	Шаровая мельница	3	1,29	17,3	9	0,385	10	2900	0,80
23	Электролизер алюминия	8	1,29	17,3	10	0,468	2	2700	0.85
24	Наждачный станок	0,6	1,29	17,3	30	0,312	15	2500	0,85
25	Шаровая мельница	2	1,29	17,3	6	0,268	10	2900	0.80
26	Наждачный станок	0,8	1,29	17,3	30	0,314	8	2500	0,85
27	Наждачный станок	10	1,29	17,3	6	0,468	10	2000	0.80
28	Шаровая мельница	12	1,29	17,3	7	0,214	2	2000	0,80
29	Наждачный станок	8	1,29	17,3	18	0,385	15	2240	0.80
30	Барабанная сушилка	5	1,29	17,3	10	0,468	10	2600	0,85

Практическая работа 3
Расчет загрязненного атмосферного воздуха у поверхности земли
при рассеивании нагретых газо-воздушных выбросов
через одноствольную трубу

Цель работы: Научиться производить расчет загрязненного атмосферного воздуха у поверхности земли при рассеивании нагретых газо-воздушных выбросов через одноствольную трубу.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите алгоритм решения задачи.
2. Выполните расчеты в соответствии с заданиями и оформите отчет.

Решение

1. В зависимости от места расположения источника выбросов установить значение коэффициента A [1, с. 143].

2. Определить среднюю скорость выхода газовой смеси из устья трубы

$$W_r = \frac{4Q}{\pi D^2}, \quad (1)$$

где Q — объем воздуха, выбрасываемого через трубу, м³/с; D — диаметр устья трубы, м.

3. Рассчитать параметр f , м/с² град

$$f = 10^2 \frac{W_r^2 D}{H^2 \Delta T}, \quad (2)$$

где H — высота трубы, м; ΔT — разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха, град.

4. Найти величину безразмерного коэффициента m

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}. \quad (1.3)$$

5. Вычислить параметр V_m

$$V_m = 0,65\sqrt[3]{\frac{Q\Delta T}{H}}. \quad (1.4)$$

6. Определить безразмерный коэффициент n в зависимости от значения параметра V_m

$$\text{при } V_m \leq 0,3 \quad n=3;$$

$$\text{при } 0,3 < V_m < 2 \quad n=3-\sqrt{(V_m-0,3)(4,36-V_m)}; \quad (1.5)$$

$$\text{при } V_m > 2 \quad n=1.$$

7. Рассчитать величину максимальной приземной концентрации вредного вещества при выбросе из трубы газовой воздушной смеси

$$C_m = \frac{AMFmn}{H^2 \sqrt[3]{Q\Delta T}}, \quad (1.6)$$

где A - коэффициент, зависящий от температурного градиента атмосферы; M — масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, мг/с; F -коэффициент.

8. Определить концентрацию вредного вещества в приземном слое с учетом фонового загрязнения воздуха

$$C = C_m + C_{\phi}. \quad (1.7)$$

9. Установить предельно допустимую концентрацию (ПДК) загрязненного вещества в атмосферном воздухе. Выбрасываемая из трубы газовой воздушная смесь содержит оксид углерода.

10. Дать заключение о соответствии требованиям норм концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе у поверхности земли.

Пример

Исходные данные:

1. Климатическая зона	
Сибирь	
2. Фоновое загрязнение приземного слоя атмосферы, C_{ϕ} мг/м ³	1,2
3. Объем воздуха, выбрасываемого через трубу, Q , м ³ /с	4,9
4. Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу M , мг/с	2,5
5. Разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха ΔT , град	14
6. Высота трубы H , м	24
7. Диаметр устья трубы D , м	0,9
8. Коэффициент F	1
9. Загрязняющее вещество	СО

Решение:

1. Определяем значение коэффициента A в зависимости от места расположения источника выбросов [1, с. 143].:

$$A = 200$$

2. Определяем среднюю скорость выхода газовой воздушной смеси из устья трубы:

$$W_r = \frac{4 \cdot 4,9}{3,14 \cdot 0,9^2} = 7,71 \text{ м / с.}$$

3. Рассчитываем параметр f :

$$f = 10^2 \frac{7,71^2 \cdot 0,9}{24^2 \cdot 14} = 0,663 \text{ мс}^2 \text{ град}.$$

4. Находим величину безразмерного коэффициента m :

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{0,663} + 0,34\sqrt[3]{0,663}} = 0,954.$$

5. Определим опасную скорость движения воздуха в трубе:

$$V_m = 0,65\sqrt[3]{\frac{4,9 \cdot 14}{24}} = 0,92 \text{ м / с}.$$

6. Определяем безразмерный коэффициент n в зависимости от значения параметра V_m :

$$n = \sqrt{(0,92 - 0,3)(4,36 - 0,92)} = 1,54.$$

7. Рассчитываем величину максимальной приземной концентрации вредного вещества при выбросе из трубы газовой воздушной смеси:

$$C_m = \frac{200 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 0,954 \cdot 1,54}{24^2 \sqrt[3]{4,9 \cdot 14}} = 0,312 \text{ мг / м}^3.$$

8. Определяем концентрацию вредного вещества в приземном слое с учетом фонового загрязнения воздуха:

$$C = 0,312 + 1,2 = 1,512 \text{ мг/м}^3.$$

9. Устанавливаем ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе:

По условию задачи, выбрасываемая из трубы газовой воздушная смесь содержит оксид углерода СО.

Класс опасности — 4 [1, табл.22].

ПДК среднесуточная = 3 мг/м³; ПДК максимально разовая = 5 мг/м³ [1, табл.22].

Вывод: Концентрация оксида углерода (СО) в атмосферном воздухе у поверхности земли ниже предельно допустимой концентрации: $C = 1,51 < \text{ПДК} = 3,25$. Загрязнение атмосферного воздуха у поверхности земли ниже нормируемого, значит, дополнительной очистки газовой воздушной смеси не требуется.

Варианты заданий

Определить загрязнение атмосферного воздуха у поверхности земли при рассеивании нагретых газо-воздушных выбросов через одностовольную трубу.

Исходные данные для расчета принять по варианту, номер которого совпадает с порядковым номером студента, по табл. 1

Таблица 1

Данные для расчета

Исходные данные	Вариант									
	1/11	2/12	3/13	4/14	5/15	6/16	7/17	8/18	9/19	10/20
1. Климатическая зона	Сибирь	Дальний Восток	Нижнее Поволжье	Урал	Среднее Поволжье	Сибирь	Дальний Восток	Нижнее Поволжье	Урал	Среднее Поволжье
2. Фоновое загрязнение приземного слоя атмосферы C_{ϕ} , мг/м ³	$\frac{0,8}{0,6}$	$\frac{0,6}{1,1}$	$\frac{0,7}{1,0}$	$\frac{0,9}{0,8}$	$\frac{1,1}{0,6}$	$\frac{1,2}{0,8}$	$\frac{1,4}{1,2}$	$\frac{1,1}{0,6}$	$\frac{1,2}{0,6}$	$\frac{1,4}{0,8}$
3. Объем воздуха, выбрасываемого через трубу, Q , м ³ /с	$\frac{5,6}{5,2}$	$\frac{5,4}{5,1}$	$\frac{5,2}{5,6}$	$\frac{5,8}{5,1}$	$\frac{5,1}{5,2}$	$\frac{4,9}{5,4}$	$\frac{5,5}{1,1}$	$\frac{5,2}{5,8}$	$\frac{5,6}{5,2}$	$\frac{5,1}{5,6}$
4. Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, M , мг/с	$\frac{2,2}{2,1}$	$\frac{2,4}{2,1}$	$\frac{2,6}{2,3}$	$\frac{2,1}{2,3}$	$\frac{2,3}{2,1}$	$\frac{2,5}{2,2}$	$\frac{2,6}{2,2}$	$\frac{2,4}{2,3}$	$\frac{2,1}{2,2}$	$\frac{2,5}{2,1}$
5. Разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха ΔT , град	$\frac{4}{16}$	$\frac{12}{18}$	$\frac{16}{14}$	$\frac{18}{12}$	$\frac{12}{14}$	$\frac{14}{16}$	$\frac{16}{12}$	$\frac{18}{14}$	$\frac{12}{16}$	$\frac{14}{18}$
6. Высота трубы H , м	$\frac{22}{25}$	$\frac{24}{22}$	$\frac{23}{25}$	$\frac{25}{22}$	$\frac{21}{23}$	$\frac{24}{23}$	$\frac{23}{24}$	$\frac{22}{25}$	$\frac{21}{24}$	$\frac{25}{22}$
7. Диаметр устья трубы D , м	$\frac{0,8}{0,9}$	$\frac{0,9}{1,0}$	$\frac{1,0}{0,9}$	$\frac{1,1}{1,0}$	$\frac{0,8}{0,9}$	$\frac{0,9}{1,0}$	$\frac{1,0}{0,9}$	$\frac{1,1}{1,0}$	$\frac{0,8}{0,9}$	$\frac{0,9}{0,8}$
8. Коэффициент F	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Рекомендуемая литература

1. Охрана окружающей среды (Под ред. С.В.Белова). - М.: Высшая школа, 1991.
2. Дикаревский В.С. и др. Канализационные сооружения железнодорожного транспорта. -М.Транспорт, 1973.
3. Сборник законодательных, нормативных и методических документов для экспертизы воздухоохраных мероприятий / Под ред. В.П.Антонова. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.

Практическая работа 4

Расчет кратности разбавления сточных вод в расчетном створе водопользования

Цель работы: Научиться производить расчет кратности разбавления сточных вод в расчетном створе водопользования.

Теоретические положения

Для расчета кратности разбавления сточных вод необходимо познакомиться с указаниями к решению задачи:

1. Для сброса сточных вод в реку предусмотрен береговой сосредоточенный выпуск.

2. Определить коэффициент турбулентной диффузии

$$D_T = \frac{gHW_n}{2MC_m} \quad (1)$$

где g - ускорение силы тяжести, м/с^2 ; H - средняя глубина русла реки по длине смешения, м; W_n — средняя скорость течения реки в расчетном сечении русла, м/с ; C_m - коэффициент Шези, равный 42; M - функция коэффициента Шези, равная $22.3 \text{ м}^{0.5}/\text{с}$.

3. Вычислить коэффициент K , характеризующий гидравлические условия смешения:

$$K = \xi \varphi^3 \sqrt{\frac{D_r}{Q_c}} \quad (2)$$

где ξ — коэффициент, характеризующий место расположения выпуска сточных вод, равный 1; φ - коэффициент извилистости русла, равный 1.5; Q_c - максимальный расход сточных вод, м.

4. Рассчитать коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода воды участвует в смешении:

$$m = \frac{1 - e^{-k\sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q_B}{Q_C}\right) e^{-k\sqrt[3]{L}}} \quad (3)$$

где e - основание натурального логарифма; Q_B - расчетный максимальный расход реки, м; L — расстояние от выпуска сточных вод до расчетного створа, м.

5. Определяем кратность разбавления сточных вод в расчетном створе

$$n = \frac{mQ_B + Q_C}{Q_C} \quad (4)$$

Пример.

Исходные данные:

1. Расчетный максимальный расход реки Q_e , м	109
2. Максимальный расход сточных вод, Q_c , м	0.1
3. Расстояние от выпуска сточных вод до расчетного створа L , м	420
4. Средняя глубина русла реки H , м	2,4
5. Средняя скорость течения реки в расчетном створе русла W_n , м/с	0.27

Решение:

1. Определяем коэффициент турбулентной диффузии реки:

$$D_T = \frac{9,81 \cdot 2,4 \cdot 0,27}{2 \cdot 22,3 \cdot 42} = 0,0034.$$

2. Вычисляем коэффициент K , характеризующий гидравлические условия смешения:

$$K = 1 \cdot 1,5 \sqrt{\frac{0,0034}{0,12}} = 0,457.$$

3. Определяем коэффициент смешения, показывающий какая часть расхода воды участвует в смешении:

$$m = \frac{1 - e^{-0,457 \sqrt[3]{420}}}{1 + \frac{109}{0,12} \cdot e^{-0,457 \sqrt[3]{420}}} = 0,032.$$

4. Определяем кратность разбавления сточных вод в расчетном створе:

$$n = \frac{0,032 \cdot 109 + 0,12}{0,12} = 29,68.$$

Вывод: в расчетном створе водопользования кратность разбавления сточных вод равна $n = 29,68$, что дает возможность использовать в дальнейшем эту воду после предварительной очистки.

Варианты заданий

Рассчитать кратность разбавления сточных вод в расчетном створе водопользования. Исходные данные для расчета принять по варианту, номер которого совпадает с порядковым номером студента, по табл. 1.

Таблица 1

Данные для расчета

Исходные данные	Вариант									
	1/11	2/12	3/13	4/14	5/15	6/16	7/17	8/18	9/19	10/20
1. Расчетный максимальный расход реки Q_B , м ³ /с	<u>118</u> 114	<u>116</u> 112	<u>114</u> 103	<u>124</u> 121	<u>112</u> 110	<u>109</u> 103	<u>121</u> 119	<u>119</u> 112	<u>110</u> 110	<u>103</u> 119
2 Максимальный расход сточных вод Q_C , м ³ /с	<u>0.12</u> 0.11	<u>0.14</u> 0.18	<u>0.16</u> 0.19	<u>0.18</u> 0.17	<u>0.11</u> 0.15	<u>0.13</u> 0.17	0.15 0.12	<u>0.17</u> 0.19	<u>0.19</u> 0.15	<u>0.11</u> 0.12
3. Расстояние от выпуска сточных вод до расчетного створа L , м	<u>480</u> 410	<u>470</u> 430	<u>410</u> 470	<u>450</u> 420	<u>510</u> 510	<u>420</u> 490	<u>490</u> 430	<u>440</u> 420	<u>470</u> 510	<u>430</u> 410
4. Средняя глубина русла реки H , м	<u>2.4</u> 2.5	<u>2.6</u> 2.4	<u>2.8</u> 2.6	<u>2.7</u> 2.6	<u>2.5</u> 2.8	<u>2.4</u> 2.6	<u>2.8</u> 2.5	<u>2.7</u> 2.8	<u>2.6</u> 2.4	<u>2.5</u> 2.6
5. Средняя скорость течения реки в расчетном сечении русла W , м/с	<u>0.24</u> 0.23	<u>0.26</u> 0.27	<u>0.28</u> 0.24	<u>0.23</u> 0.23	<u>0.25</u> 0.26	<u>0.27</u> 0.25	<u>0.26</u> 0.27	<u>0.25</u> 0.26	<u>0.24</u> 0.24	<u>0.23</u> 0.23

Практическая работа 5

Расчет эффективности очистки воздуха, выбрасываемого в атмосферу, пылеулавливающим оборудованием

Цель работы: Определить эффективность очистки воздуха, выбрасываемого в атмосферу.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите алгоритм решения задачи.
2. Выполните расчеты в соответствии с заданиями и оформите отчет.

Для произведения расчетов необходимо изучить указания к решению задачи:

1. Запыленный воздух отсасывается от фрезеровального агрегата для механической обработки стеновых панелей. Очистка воздуха предусмотрена двухступенчатая. В качестве первой ступени используются два параллельно установленных циклона, в качестве второй ступени очистки используется рукавный фильтр.

2. Определить допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу:

$$C_K = (160 - 4L)K, \quad (1)$$

где L - объем выбрасываемого в атмосферу воздуха, тыс. м³ /ч; K — коэффициент, зависящий от ПДК пыли в воздухе рабочей зоны.

3. Найти требуемую степень очистки воздуха от пыли

$$\eta = \frac{C_H - C_K}{C_H} \cdot 100, \quad \% \quad (2)$$

4. Рассчитать общую эффективность пылеулавливания последовательно установленных двух циклонов и рукавного фильтра

$$\eta_{\text{общ}} = [1 - (1 - \eta_{\psi})(1 - \eta_{\phi})] 100, \quad \% \quad (3)$$

5. Определить условную скорость воздуха в поперечном сечении циклона

$$W_{\text{ц}} = \frac{L_{\text{ц}}}{\frac{3600 \cdot \pi \cdot d^2}{4}}, \quad (4)$$

где $L_{\text{ц}}$ - объем воздуха, проходящий через один циклон, принять равным половине L , м³/ч.

6. Рассчитать гидравлические потери в циклоне

$$P_{\text{ц}} = \zeta \frac{\rho W_{\text{ц}}^2}{2}, \quad (5)$$

где ζ - коэффициент гидравлического сопротивления, равный 160; P - плотность воздуха при температуре t , °C.

7. Определить общее сопротивление двухступенчатой установки для очистки запыленного воздуха

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{ц}} + P_{\text{ф}}. \quad (6)$$

Пример

Исходные данные:

1. Климатическая зона	Сибирь
2. Объем выбрасываемого в атмосферу воздуха L , тыс. м ³ /ч	12,1
3. Коэффициент K	0,3
4. Концентрация пыли в отсасываемом от фрезеровального агрегата воздухе, C_n , мг/м ³	1060
5. Эффективность очистки воздуха на первой ступени η , %	84
6. Эффективность очистки воздуха на второй ступени η , %	93
7. Диаметр циклона d , м	0,6
8. Гидравлическое сопротивление рукавного фильтра $P_{\text{ф}}$, Па	1800
9. Температура воздуха t , °C	16

Решение:

1. Запыленный воздух отсасывается от фрезеровального агрегата при механической обработке стеновых панелей. Очистка воздуха предусмотрена двухступенчатая. В качестве первой ступени используются два параллельно установленных циклона, в качестве второй ступени очистки используется рукавный фильтр.

2. Определяем допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу:

$$C_k = (160 - 4 \cdot 12,1) \cdot 0,3 = 33,48 \text{ мг/м}$$

3. Находим требуемую степень очистки воздуха от пыли

$$\eta_{TP} = \frac{1060 - 33,48}{1060} \cdot 100\% = 96,48\%.$$

4. Рассчитываем общую эффективность пылеулавливания последовательно установленных двух циклонов и рукавного фильтра:

$$\eta_{\text{общ}} = [1 - (1 - 0,84) \cdot (1 - 0,93)] \cdot 100\% = 98,3\%.$$

5. Определяем условную скорость воздуха в поперечном сечении циклона:

$$W_{\text{ц}} = \frac{6050}{\frac{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,6^2}{4}} = 5,95 \text{ м/с}.$$

6. Рассчитываем гидравлические потери в циклоне: где ρ - плотность воздуха при температуре $t = 16^\circ\text{C}$.

$$\rho = \frac{353}{273 + 16} = 1,22 \text{ кг/м}^3,$$
$$P_{\text{ц}} = 160 \cdot \frac{1,22 \cdot 5,95^2}{2} = 3455,28 \text{ Па}.$$

7. Определяем общее сопротивление двухступенчатой установки для очистки запыленного воздуха:

$$P_{\text{общ}} = 1880 + 3455,28 = 5255,28 \text{ Па}.$$

Вывод: Сравнивая $\eta_{\text{общ}} = 98,88 \% > \eta_{\text{тр}} = 96,84\%$, делаем вывод что, принятая двухступенчатая очистка воздуха, где в качестве первой ступени используются два параллельно установленных циклона, а в качестве второй — рукавный фильтр, является эффективной.

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
2. Сборник законодательных, нормативных и методических документов для экспертизы воздухоохраных мероприятий. / Под ред. В.П.Антонова. — Л.: Гидрометеиздат, 1986.
3. Коптев Д. В. Инженерные решения по обеспыливанию воздушной среды на предприятиях. - М.: МИСИ, 1982.
4. СН 245 — 71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. -М.: Стройиздат, 1972.
5. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. - М.: Стройиздат, 1981.
6. Охрана окружающей среды. Под ред. СВ. Белова. - М.: Высшая школа, 1991.

Варианты заданий

Рассчитать эффективность очистки воздуха, выбрасываемого в атмосферу, пылеулавливающим оборудованием. Исходные данные для расчета принять по варианту, номер которого совпадает с порядковым номером студента, по табл. 1.

Таблица 1

Данные для расчета

Исходные данные	Вариант									
	1/11	2/12	3/13	4/14	5/15	6/16	7/17	8/18	9/19	10/20
1. Объем выбрасываемого в атмосферу воздуха L , м ³ /ч	$\frac{13400}{14200}$	$\frac{11900}{12500}$	$\frac{1170}{0}$ $\frac{1170}{0}$	$\frac{12100}{13400}$	$\frac{12100}{11900}$	$\frac{1290}{0}$ $\frac{1210}{0}$	$\frac{11300}{14600}$	$\frac{11700}{13200}$	$\frac{1340}{0}$ $\frac{1130}{0}$	$\frac{1250}{0}$ $\frac{1290}{0}$
2. Коэффициент К	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3. Концентрация пыли в отсасываемом от агрегата воздухе C_n , мг/м ³	$\frac{1060}{1040}$	$\frac{1140}{1130}$	$\frac{1090}{1070}$	$\frac{1060}{1120}$	$\frac{1110}{1090}$	$\frac{1130}{1060}$	$\frac{1130}{1110}$	$\frac{1020}{1140}$	$\frac{1140}{1130}$	$\frac{1040}{1020}$
4. Эффективность очистки воздуха на первой ступени $\eta_{ц}$, %	$\frac{84}{82}$	$\frac{83}{81}$	$\frac{84}{83}$	$\frac{85}{84}$	$\frac{82}{85}$	$\frac{82}{84}$	$\frac{81}{83}$	$\frac{85}{82}$	$\frac{83}{81}$	$\frac{82}{85}$
5. Эффективность очистки воздуха на первой ступени $\eta_{ф}$, %	$\frac{96}{95}$	$\frac{93}{94}$	$\frac{93}{93}$	$\frac{94}{92}$	$\frac{96}{96}$	$\frac{93}{93}$	$\frac{93}{94}$	$\frac{94}{95}$	$\frac{93}{93}$	$\frac{95}{92}$
6. Диаметр циклона d , м	$\frac{0,7}{0,9}$	$\frac{0,7}{0,75}$	$\frac{0,9}{0,6}$	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{0,75}{0,75}$	$\frac{0,6}{0,6}$	$\frac{0,7}{0,7}$	$\frac{0,75}{0,9}$	$\frac{0,7}{0,75}$	$\frac{0,7}{0,6}$
7. Гидравлическое сопротивление рукавного фильтра $P_{ф}$, Па	$\frac{1900}{1900}$	$\frac{1170}{1800}$	$\frac{1800}{1700}$	$\frac{1700}{1600}$	$\frac{1800}{1700}$	$\frac{1700}{1800}$	$\frac{1800}{1900}$	$\frac{1700}{1800}$	$\frac{1900}{1700}$	$\frac{1700}{1600}$
8. Температура, °С	$\frac{18}{16}$	$\frac{19}{17}$	$\frac{19}{18}$	$\frac{19}{19}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{17}{16}$	$\frac{16}{17}$	$\frac{17}{18}$	$\frac{20}{19}$	$\frac{20}{20}$

Практическая работа 6

Расчет снижения шума на территории промышленного предприятия

Цель работы: Научиться производить расчет шума на территории промышленного предприятия.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите алгоритм решения задачи.
2. Выполните расчеты в соответствии с заданиями и оформите отчет.

Указания к решению задачи

1. Привести схему расположения трех источников шума и расчетной точки. Расчетную точку принять на расстоянии 2 м от плоскости окон административного здания.

2. Рассчитать октавные уровни звукового давления в расчетной точке от каждого источника шума по формуле:

$$L_i = L_p - 15 \cdot \lg r + 10 \cdot \lg \Phi - \beta_a \cdot r / 1000 - 101 \cdot \lg \Omega, \text{ дБ} \quad (1)$$

где β_a – затухание звука в атмосфере, дБ/кН, при расстояниях $r < 50$ м не учитывается; Ω — пространственный угол излучения звука принять равным 2л.

3. Установить допустимые уровни звукового давления в расчетной точке по формуле:

$$L_{\text{дон}} = L_H + \sum \Delta_i n_i, \text{ дБ} \quad (2)$$

где L_H — нормируемый уровень звукового давления, дБ; $\sum \Delta_i n_i$ — сумма поправок, дБ.

4. С учетом одновременной работы всех источников определить требуемое снижение шума для каждого из них по формуле:

$$\Delta L_{mpi} = L_i - L_{\text{дон}} + 10 \lg n_i, \text{ дБ} \quad (3)$$

где n_i - общее количество источников шума (по условию задачи).

Пример решения задачи

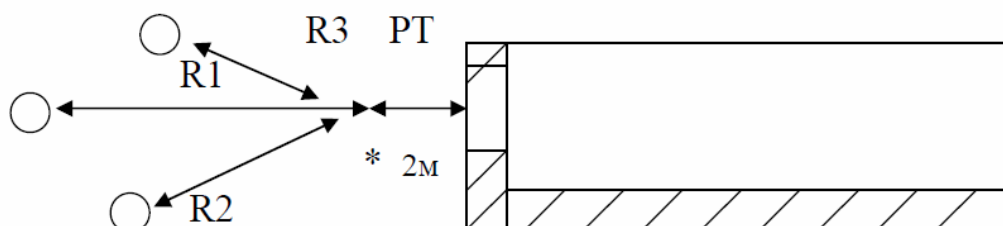
Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные

Уровни звуковой мощности, дБ источников шума при среднем геометрической частоте, Гц:	L _{p1}	L _{p2}	L _{p3}	L _н
	L _{p1}	L _{p2}	L _{p3}	L _н
63	74	91	80	71
	78	95	81	61
125				
	84	100	84	54
250				
	92	105	87	49
500				
	98	109	89	45
1000				
	92	113	92	42
2000				
	85	107	95	40
4000				
	81	102	93	38
8000				
Расстояние от 1. 2. 3-го источника шума до расчетной точки, м:	r1	r2	r3	
	26	32	47	
Фактор направленности источника шума, Φ	2,2	2	2,1	

Приводим схему расположения трех источников шума. Расчетную точку принимаем на расстоянии 2м от плоскости окон административного здания:



1. Рассчитываем октавные уровни звукового давления в расчетной точке от каждого источника шума по формуле 1:

$$L_1 = L_{p1} - 15 \lg r_1 + 10 \lg \Phi_1 - r_1/1000 - 10 \lg 2\pi \quad (4)$$

$$L_2 = L_{p2} - 15 \lg r_2 + 10 \lg \Phi_2 - r_2/1000 - 10 \lg 2\pi \quad (5)$$

$$L_3 = L_{p3} - 15 \lg r_3 + 10 \lg \Phi_3 - r_3/1000 - 10 \lg 2\pi \quad (6)$$

Задача решается в табличной форме (табл.3).

2. Нормативные уровни звукового давления L_n определяем по [1, табл. 1] и сводим в табл.3.

3. Допустимые уровни звукового давления определяем по формуле 2 и сводим в табл. 2. Поправка $\Delta n = +10$ дБ, так как расчетная точка выбрана снаружи здания [1. табл.2].

4. Определяем требуемое снижение октавных уровней звукового давления источников шума с учетом их одновременной работы по формуле 3 и сводим в табл. 2, $n = 3$ — общее количество источников шума.

Таблица 2

Допустимые уровни звукового давления

Показатель, дБ	Ссылка на источник	Среднегеометрическая частота октавной полосы							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{p1}	Табл.1	74	78	81	91	98	92	85	81
L_{p2}		91	95	100	105	10	11	10	10
L_{p3}		80	81	84	87	9	3	7	2
						89	92	95	93
$15 \cdot \lg r_1$	Табл.1	21	21	21	21	21	21	21	21
$15 \cdot \lg r_2$		23	23	23	23	23	23	23	23
$15 \cdot \lg r_3$		25	25	25	25	25	25	25	25
$10 \cdot \lg \Phi_1$	Табл.1	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
$10 \cdot \lg \Phi_2$		3	3	3	3	3	3	3	3
$10 \cdot \lg \Phi_3$		3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
L_1	Формула 1	48,4	2,4	55,4	66,4	72,4	66,4	59,4	55,4
L_2		63	67	72	77	81	85	79	74
L_3		50,2	1,2	54,2	57,2	59,2	62,2	65,2	63,2
$10 \cdot \lg 2\pi$	Табл.1	8	8	8	8	8	8	8	8
L_H	Табл.1	71	61	54	49	45	42	40	38
Δn	1, табл.1	10	10	10	10	10	10	10	10
$L_{доп}$	Формула 3	81	71	64	59	65	52	50	48
$10 \cdot \lg n$		5	5	5	5	5	5	5	5
$\Delta L_{тр1}$	Формула 3	-	-	-	12,4	22,4	19,4	14,4	12,4
$\Delta L_{тр2}$		-	-	13	23	31	36	34	31
$\Delta L_{тр3}$		-	-	-	3,2	-	15,2	20,2	20,2

Вывод: При среднегеометрической частоте 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц требуется снижение шума для всех трех источников, при частоте 250 Гц требуется снижение шума для второго источника.

Варианты задания

Определить требуемое снижение шума на территории промышленного предприятия. Исходные данные для расчета принять по варианту, номер которого совпадает с порядковым номером студента, по табл. 3.

Таблица 3

Данные для расчета

Исходные данные	Вариант				
	1/11	2/12	3/13	4/14	5/15
Уровни звуковой мощности дБ, источников шума при среднегеометрической частоте, Гц	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃
63	75 87 73	74 89 78	72 91 77	66 93 73	70 96 70
125	80 90 76	79 92 80	77 95 78	71 97 76	74 100 71
250	86 95 78	85 97 82	82 99 84	79 101 79	81 104 74
500	91 100 82	90 102 86	88 104 85	86 106 82	88 108 78
1000	97 104 86	96 106 90	94 108 89	92 110 87	95 112 83
2000	91 108 92	89 110 94	87 112 94	86 114 91	89 116 87
4000	85 102 97	84 104 99	82 106 98	79 108 96	82 110 94
8000	79 96 91	78 98 91	76 101 90	72 104 86	78 106 85
Расстояние от первого, второго и третьего источников шума до расчетной точки, м	r ₁ r ₂ r ₃	r ₁ r ₂ r ₃	r ₁ r ₂ r ₃	r ₁ r ₂ r ₃	r ₁ r ₂ r ₃
	<u>24 31 46</u> 21 36 44	<u>23 33 40</u> 24 32 41	<u>23 37 47</u> 25 37 42	<u>22 32 47</u> 23 34 43	<u>20 37 41</u> 22 33 45
Фактор направленности источников шума, Φ	<u>1,8 2,1 1,2</u> 1,8 2 2,1	<u>1,7 1,9 2</u> 2,2 1,9 1,8	<u>0,2 2 2,1</u> 1,7 2,1 1,9	<u>1,8 2,1 1,9</u> 1,8 2,2 2	<u>2 1,9 2</u> 1,6 1,9 2,1
Варианты	6/16	7/17	8/18	9/19	10/20
Уровни звуковой мощности дБ, источников шума при среднегеометрической частоте, Гц	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃	Lp ₁ Lp ₂ Lp ₃
63	74 91 80	67 89 82	69 82 80	72 86 79	75 84 78
125	78 95 81	71 92 83	74 87 82	77 92 81	79 88 80
250	84 100 84	74 97 85	76 92 84	78 97 83	81 92 82
500	92 105 87	86 103 87	88 98 88	91 101 87	93 96 86
1000	98 109 89	91 107 90	93 101 91	94 105 90	96 101 89
2000	92 113 92	85 111 91	87 109 93	88 108 92	91 105 91
4000	85 107 95	78 105 96	81 101 98	83 104 97	86 101 96
8000	81 102 93	74 100 94	76 96 92	78 101 91	81 97 90
Расстояние от первого, второго и третьего источников шума до расчетной точки, м	r ₁ r ₂ r ₃	r ₁ r ₂ r ₃	r ₁ r ₂ r ₃	r ₁ r ₂ r ₃	r ₁ r ₂ r ₃
	<u>20 37 40</u> 26 32 47	<u>23 32 41</u> 24 37 46	<u>22 33 40</u> 25 35 42	<u>21 36 44</u> 22 31 40	<u>26 32 47</u> 20 37 41
Фактор направленности источников шума, Φ	<u>2 2,3 1,9</u> 2,2 2 2,1	<u>1,8 2 2,1</u> 2 2,2 1,8	<u>1,7 2,1 1,2</u> 1,7 2,3 1,9	<u>2,3 2,2 2</u> 1,8 2 2,3	<u>2 2,3 2,1</u> 2,2 1,9 2

Рекомендуемая литература

1. Борьба с шумом на производстве: Справочник /Под ред. Е.Я.Юдина- М.; Машиностроение, 2005.- 400с.

Практическая работа 7

Исследование источников шума в окружающей среде

Цель работы:

- изучить источники шума, параметры шума, определение допустимых значений;
- выполнить акустический расчёт.

Теоретические положения

Природа не безмолвна, но не бесшумна. Тысячи процессов совершаются в недрах Земли, в глубинах вод, лесах и пустынях почти бесшумно. Только некоторые из них тревожат людской слух: извержение вулкана, ледоход, гроза, шторм. Но миллионы лет протекали эти процессы, и человек привык к этим звукам, и они почти не раздражают его. Естественные акустические условия необходимы человеческому организму как нормальное питание, нормальные температурные условия и свежий воздух.

Долгое время шум считали неизбежным злом цивилизации, побочным продуктом технического прогресса, бурного развития техники и увеличения количества транспорта. И мало кто предполагал, что шум достигнет такого уровня, что будет уже не просто не приятен для слуха, но и вреден для здоровья.

Параметры шума

Шум возникает в результате механических колебаний упругой среды. В слое воздуха, непосредственно примыкающем к поверхности колеблющегося тела, возникают сжатия и разрежения. Эти сжатия и разрежения чередуются во времени и распространяются в стороны в виде упругой продольной волны, которая достигает нашего уха и воздействует на слуховой анализатор.

Ухо человека воспринимает звуки, частотой от 16 до 20000 Гц. В шуме присутствуют колебания различных частот.

Шум определяется по величине уровня звукового давления, измеряемого в дБ:

$$L_p = 20 \lg P/P_0, \quad (1)$$

где L_p – уровень звукового давления, дБ,

P – звуковое давление источника, Па,

P_0 – пороговое значение звукового давления (порог слышимости на частоте 1000 Гц, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Основные источники шума

Шумовая симфония города складывается из грохота железных дорог, шума самолётов, строительной техники, заводских цехов и бытовых приборов.

В населенных пунктах источники шума подразделяются:

- стационарные (трансформаторные подстанции, вентиляционные и компрессорные установки, строительные машины и механизмы, промышленные предприятия, спортивные площадки, торговые объекты и др.)
- передвижные (автомобили, трамваи, метро, автобусы, водный и авиационный транспорт).

Шум, создаваемый этими источниками, составляет:

- зимний лес в безветренную погоду	0 дБ,
- шепот	20 дБ,
- разговор	60 дБ,
- автотранспорт	до 87 дБ,
- трамвай	до 90 дБ,
- железная дорога	до 93 дБ,
- промышленные предприятия	80 – 100 дБ.

В квартире шумнее всего в вечерние часы, когда собираются члены семьи. Включены все бытовые приборы, телевизор, радио, магнитофон.

За последние годы шум во всех крупных городах увеличился на 10 –15 дБ.

Нормирование шума

Длительное воздействие шума приводит к частичной или полной потере слуха. Действие шума на организм не ограничивается воздействием на орган слуха. Через волокна слуховых нервов раздражение передается на центральную нервную систему, а через неё воздействует на внутренние органы, приводя к изменениям в функциональном состоянии организма. Человек, подвергающийся воздействию шума, затрачивает на 20% больше физических усилий.

Особенно опасны шумы во время сна. Они вызывают кошмарные видения, и после пробуждения человека долго не покидает нервное возбуждение. Это может привести к психическим заболеваниям. Таким образом, шум наносит большой социальный и экономический ущерб.

По СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» установлены допустимые уровни звукового давления на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам в 8-ми октавных полосах частот (табл.1).

Таблица 1

Допустимые уровни звукового давления на территории, непосредственно прилегающие к домам

Октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления, дБ	67	57	49	44	40	37	35	33

Распространение шума на открытом воздухе. Акустический расчёт.

Звуковые волны, распространяясь в атмосфере, затухают вследствие поглощения звуковой энергии из-за вязкости воздуха и по мере удаления от источника шума. Если на пути звуковых волн находятся полосы высоких (не менее 5м) лесонасаждений, то звук частично отражается от них, рассеивается на деревьях, поглощается рыхлой почвой и листвой.

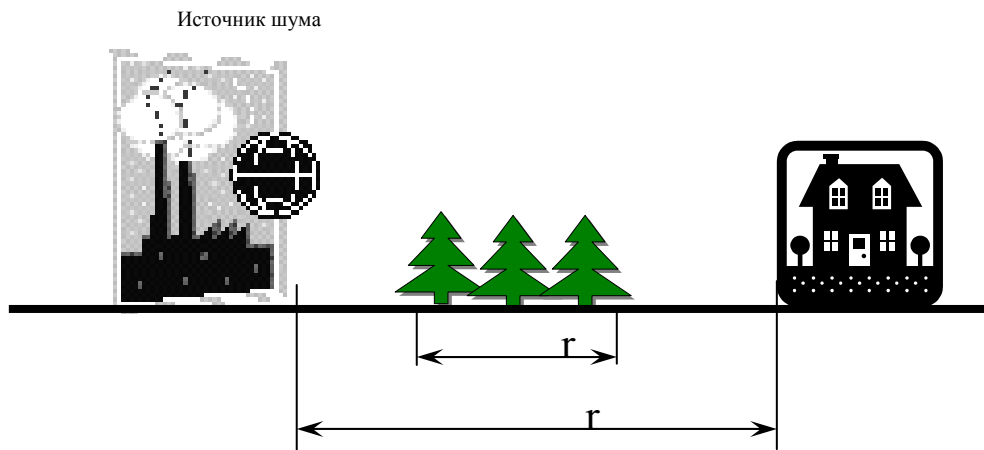


Рис.1. Распространение шума

Уровень звукового давления (дБ), создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) (рис.1) от него в 8 октавных полосах частот определяется по формуле

$$L = L_p + 10 \cdot \lg \Phi - 10 \cdot \lg(2 \cdot \pi \cdot r^2) - \beta_a \cdot r - \beta_{\text{зел}} \quad (2)$$

L – уровень звукового давления в расчётной точке, дБ;

L_p – уровень звукового давления источника шума, дБ;

Φ – фактор направленности ($\Phi=1$ при распространении шума во все стороны);

r – расстояние от источника шума до расчётной точки, м;

β_a – коэффициент поглощения звука в воздухе, дБ/м (табл. 2);

$\beta_{\text{зел}}$ – снижение шума полосой лесонасаждений. ДБ (формула 3);

$$\beta_{\text{зел}} = \beta_{\text{азел}} \cdot r_{\text{зел}} \cdot \frac{\sqrt[3]{f}}{8} \quad (3)$$

$\beta_{\text{азел}}$ – снижение уровня звука на 1м ширины лесополосы ($\beta_{\text{азел}}=0.08$ дБ/м);

$r_{\text{зел}}$ – ширина полосы лесонасаждений, м;

f – частота, Гц.

Таблица 2

Коэффициент поглощения звука в воздухе при относительной влажности 60% (β_a , дБ/м) в зависимости от температуры воздуха t , °С.

$t, ^\circ\text{C}$	Октавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
30	0	0,0002	0,0009	0,003	0,0075	0,014	0,025	0,064
20	0	0,0003	0,0011	0,0028	0,0052	0,0096	0,025	0,083
10	0	0,0004	0,001	0,002	0,0039	0,01	0,035	0,125
0	0	0,0004	0,0008	0,0017	0,0049	0,017	0,058	0,156

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите методические указания и по варианту задания выполните расчеты.
2. Рассчитанные значения сравните с допустимыми величинами по табл.1.

Пример расчета

Исходные данные: $r=70\text{м}$;

$r_{\text{зел}}=10\text{м}$;

$t=20^\circ\text{C}$;

L_p - уровни звукового давления, создаваемого источником шума (приведены в табл.3).

Таблица 3

Уровни звукового давления

Величина	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, f , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	71	82	84	94	89	76	65	73
β_a	0	0,0003	0,0011	0,0028	0,0052	0,0096	0,025	0,083
$\beta_{\text{зел}}$	0,4	0,5	0,63	0,79	1,0	1,26	15,9	2,0
L	25,7	36,6	38,4	48,1	42,7	29,2	16,8	20,3
$L_{\text{доп}}$	67	57	49	44	40	37	35	33
ΔL	-	-	-	4,1	2,7	-	-	-

$$L = L_p + 10 * \lg \Phi - 10 * \lg(2\pi r^2) - \beta_a * r - \beta_{\text{зел}} =$$

$$L_p + 10 * \lg \Phi - 10 * \lg(2 * \pi * 70^2) - \beta_a * 70 - \beta_{\text{зел}} = L_p + 0 - 44,9 - 70 \beta_a - \beta_{\text{зел}}$$

где

$$\beta_{\text{зел}} = \beta_{\text{азел}} \cdot r_{\text{зел}} \cdot \frac{\sqrt[3]{f}}{8} = 0,08 * 10 * \frac{\sqrt[3]{f}}{8} = 0,1 * \sqrt[3]{f}$$

$$L_{63} = 71 - 44,9 - 70 \quad \beta_{\text{зел}63} = 0,1 \cdot \sqrt[3]{63} = 0,4 \quad * 0 - 0,1 = 25,7 \text{ дБ}$$

Составить график

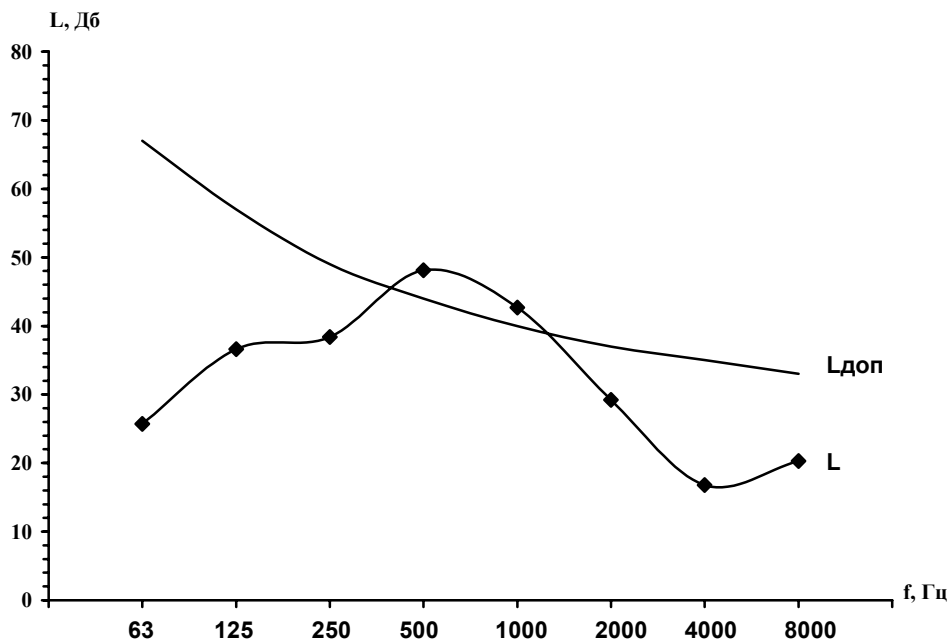


Рис. 2. График зависимости уровня шума от октавных частот

Вывод: шум в жилых домах ниже допустимого.

Варианты заданий

По заданному варианту рассчитать шум в расчётной точке. В табл. 4 приведены уровни звукового давления, создаваемого источником шума, - L_p , дБ. В табл. 5: r - расстояние от источника шума до расчётной точки, $r_{\text{зел}}$ - ширина лесополосы, t - температура воздуха, относительная влажность воздуха – 60%.

Рекомендуемая литература

1. Борьба с шумом на производстве: Справочник /Под ред. Е.Я.Юдина- М.; Машиностроение, 2005, 400с.
2. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек – М.: Выс. шк., 2009, 415с.

Таблица 4

Уровни звукового давления, создаваемого источником шума

Вари- ант	Уровни звукового давления L_p , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	82	87	87	89	94	93	91	85
2	88	96	101	96	97	94	96	96
3	88	92	97	98	97	96	96	92
4	81	82	93	84	83	81	80	77
5	88	87	90	89	89	86	83	74
6	84	82	84	91	94	94	91	91
7	77	82	84	87	88	84	83	77
8	93	88	85	89	84	87	85	84
9	89	86	84	98	87	81	72	62
10	98	96	94	94	94	93	82	76
11	93	92	94	95	91	84	75	66
12	96	87	86	91	92	91	85	81
13	109	111	109	110	110	97	91	85
14	106	104	104	113	99	95	86	79
15	88	91	93	96	90	93	86	77
16	94	95	97	92	96	87	102	103
17	96	94	95	98	93	90	90	86
18	95	97	97	100	105	101	109	110
19	80	86	88	94	100	90	89	89
20	86	85	85	87	91	90	88	87
21	88	84	86	87	91	94	88	86
22	94	85	87	91	95	94	88	84
23	94	89	86	88	92	88	80	74
24	96	87	88	91	95	92	88	77
25	91	85	93	95	89	93	87	83
26	96	86	85	91	92	91	85	81
27	96	88	87	89	91	89	84	77
28	96	87	85	89	91	91	87	84
29	86	93	93	94	91	88	84	85
30	84	88	95	96	97	95	92	90

Таблица 5

Данные для расчетов

Вариант	г, м	г _{зел} , м	t, °C
1	40	10	0
2	50	15	10
3	60	20	20
4	70	25	30
5	80	10	30
6	90	15	20
7	100	20	10
8	110	25	0
9	120	10	0
10	103	15	10
11	140	20	20
12	150	25	30
13	140	10	30
14	130	15	20
15	120	20	10
16	110	25	0
17	100	10	0
18	90	15	10
19	80	20	20
20	70	25	30
21	60	10	30
22	50	15	20
23	60	20	10
24	70	25	0
25	80	10	0
26	90	15	10
27	100	20	20
28	110	25	30
29	100	10	30
30	90	15	20

Практическая работа 8

Электрическое поле и шум, создаваемые воздушными линиями электропередач высокого напряжения

Цель работы:

- изучить влияние воздушных линий электропередач на окружающую среду;
- рассчитать напряжённость электрического поля и шум, создаваемые воздушными линиями электропередач,;
- определить допустимые значения.

Теоретические положения

1. Влияние воздушных линий электропередач на окружающую среду

Высокие темпы электрификации страны приводят к быстрому росту протяжённости воздушных линий электропередач и повышению их номинальных напряжений – 220 кВ, 330 кВ, 500 кВ, 750 кВ.

По характеру воздействия на окружающую среду влияние высоковольтных линий (ВЛ) можно разделить на механическое и электромагнитное, необходимо также учитывать химическое загрязнение воздуха продуктами, возникающими при коронных разрядах, радио и телевизионные помехи, шум.

Просеки, подъездные пути, опоры ВЛ оказывают влияние на функционирование элементов экологических систем, изменяя ландшафтные, микроклиматические условия. Просека шириной более 200 м нередко становится непреодолимым препятствием для перемещения животных. В период миграции на просеках кормятся и отдыхают большие скопления птиц, но в местах массового перелета воздушные линии могут служить механической преградой.

Сооружение линий электропередач связано с отчуждением земель, что сказывается на сельском хозяйстве. Неупорядоченное расположение ВЛ нарушает целостность полей и кормовых угодий. Создаются помехи для обработки полей с воздуха, ограничивается применение агротехники. Воздушные линии проходят также и через лесные массивы, ценность которых определяется запасами древесины, лекарственных растений, охотопромысловых животных, ягод, грибов.

Основным специфическим фактором влияния ВЛ на окружающую среду является электромагнитное поле (ЭМП). Воздействие ЭМП на почву зависит от концентрации соединений железа и гумуса в самой почве. Электрическое поле вызывает поляризацию и структурную перестройку элементов почвы, влияет на процесс почвообразования. ЭМП может оказывать стимулирующее действие на интенсивность роста зелёных

растений на начальной стадии развития, затем действие ЭМП становится угнетающим.

Протяжённость ВЛ велика, и почти каждая из них пересекает ряд крупных и мелких рек и озёр. ЭМП оказывает отпугивающее действие на рыб, создавая электромагнитные плотины на пути миграции рыб и препятствуя нерестовому ходу.

При длительном пребывании человека в ЭМП ($E = 10$ кВ/м) могут возникнуть неблагоприятные физиологические изменения, связанные с воздействием на нервную и сердечно-сосудистую систему (изменения давления, пульса, аритмия и т.д.). Эти явления исчезают через некоторое время после прекращения воздействия ЭМП.

Разработанные нормы, ограничивающие напряжённость электрического поля под воздушными линиями, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Допустимая напряжённость электрического поля под ВЛ

Вид местности	Допустимая напряженность, кВ/м
Труднодоступная местность (болота, горы)	20
Ненаселённая местность	15
Пересечения с дорогами	10
Населённая местность	5
Жилые дома	1,5

Таблица 2

**Расстояния от крайних проводов ВЛ до ближайших зданий
(санитарно - охранный зона)**

Напряжение, кВ	Санитарно – охранный зона, м
220	25
330	30
500	30
750	40

Шум ВЛ вызывается коронным разрядом на проводах. Провода выбирают таким образом, чтобы напряжённость на поверхности провода не превосходила начальной напряжённости коронного разряда. Однако неровности на поверхности провода из-за механических повреждений (заусенцы, царапины), загрязнения (капли смазки, твёрдые частицы), осадки (капли дождя, росы, снега, и т.д.) приводят к местному увеличению напряжённости электрического поля. В результате коронный разряд возникает на проводах ВЛ при напряжении меньшем, чем напряжение самостоятельного разряда на чистых неповреждённых проводах. Поэтому

шум воздушных линий можно слышать и в хорошую погоду, но особенно он усиливается при дожде.

2. Расчет электрического поля воздушных линий

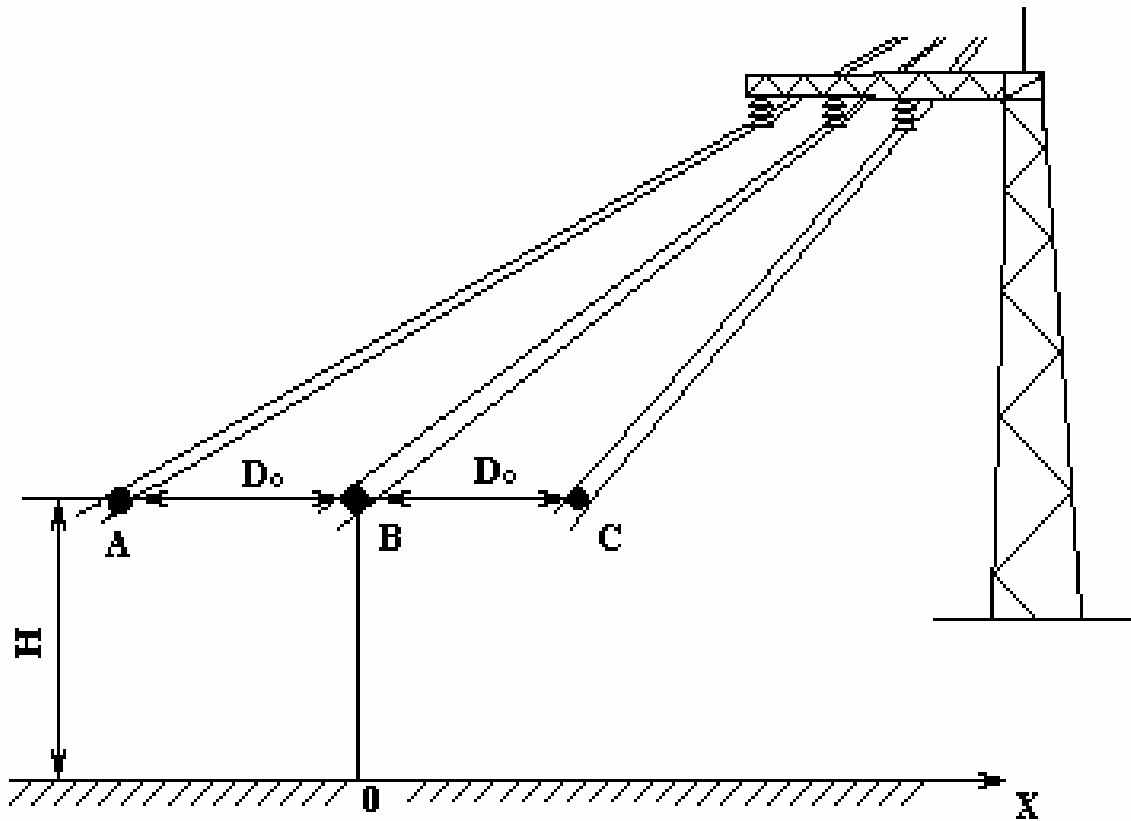


Рис.1. Расчётная схема электрического поля воздушных линий, где А, В, С – провода воздушной линии соответственно фаз А, В, С.

Напряжённость электрического поля, создаваемого воздушными линиями на поверхности земли (рис.) определяется по формуле 1:

$$E = \frac{C \cdot U}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \left[\frac{2 \cdot H}{(X - D_o)^2 + H^2} - \frac{H}{X^2 + H^2} - \frac{H}{(X + D_o)^2 + H^2} \right] \quad (1)$$

E – напряжённость электрического поля, кВ/м,

C – ёмкость единицы длины линии, ф/м,

U – номинальное напряжение, кВ,

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл*Н/м

H – высота подвеса провода, м,

D_o – расстояние между проводами, м,

X – расстояние до расчётной точки, м.

Ёмкость единицы длины определяется по формуле:

$$C = \frac{24 * 10^{-12}}{\lg\left(\frac{2 * D_o}{d}\right)} \quad (2)$$

d – диаметр провода, м.

Расчёт шума воздушных линий

Допустимый уровень шума на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам, составляет 45 дБА (СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки).

Уровень звука на расстояние 100 м от крайней фазы в зависимости от напряжения поля на проводах определяется по формуле:

$$L = 20 + 0,0111 * E_{\max} + 900 * r + 15 * \lg n - 20 * \lg B \quad (3)$$

L – уровень звука, дБА,

$E_{\max}$ – действующее значение максимальной напряжённости на поверхности провода, кв/м,

r – радиус провода, м,

n – число проводов в фазе,

B – расстояние от крайней фазы, ($B=100$ м).

Максимальная напряжённость на поверхности провода определяется по формуле:

$$E_{\max} = \frac{C * U}{2 * \sqrt{3} * \pi * \epsilon_o * r} \quad (4)$$

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите методические указания и выполните расчеты в соответствии с заданием.

Задание 1

Рассчитать для заданного варианта (таблица 3) напряжённость электрического поля, создаваемого воздушной линией электропередач в точках с координатами $X=0, 10, 20, 30, 40, 50$ м. Сравнить полученные значения с допустимыми величинами (таблица 1).

Определить в какой местности можно продолжить данную линию электропередач. Построить график $E=f(x)$.

Рассчитать шум на расстоянии 100 м от крайней фазы воздушной линии.

Сделать вывод о возможности прокладки ВЛ вблизи жилых зданий, для которых допустимый уровень шума составляет 45 дБА (СН 2.2.4/2.1.8.562-

96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.)

Пример расчета

Исходные данные:

№	Напряжение U, кВ	Сечение провода, S, мм ²	Число провод ов в фазе, n	Расстояние между фазами, Do, м	Высота подвеса провода, H, м
	330	400	2	4	8

Определим диаметр провода:

$$S = \frac{\pi * d^2}{4} \quad d = 0,0226 \text{ м} \quad r = 0,0113 \text{ м}$$

Ёмкость единицы длины линии:

$$C = \frac{24 * 10^{-12}}{\lg\left(\frac{2Do}{d}\right)} = \frac{24 * 10^{-12}}{\lg\left(\frac{2 * 4}{0,0226}\right)} = 9,4 * 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

Напряжённость электрического поля :

$$E = \frac{C * U}{2 * \sqrt{3} * \pi * \epsilon_0} \left[\frac{2 * H}{(X - Do)^2 + H^2} - \frac{H}{X^2 + H^2} - \frac{H}{(X + Do)^2 + H^2} \right] =$$

$$= \frac{9,4 * 10^{-12} * 330}{2 * \sqrt{3} * \pi * 8,85 * 10^{-12}} \left[\frac{16}{(X - 4)^2 + 64} - \frac{8}{X^2 + 64} - \frac{8}{(X + 4)^2 + 64} \right] =$$

$$= 32,3 * \left[\frac{16}{(X - 4)^2 + 64} - \frac{8}{X^2 + 64} - \frac{8}{(X + 4)^2 + 64} \right]$$

Результаты расчёта приведены в таблице 2

Ширина охранной зоны при U = 330 кВ составляет 30 м.

Таблица 2

X, м	E, кВ/м
0	-0,8075
10	2,5985
20	0,6543
30	0,2185
40	0,0955
50	0,0496

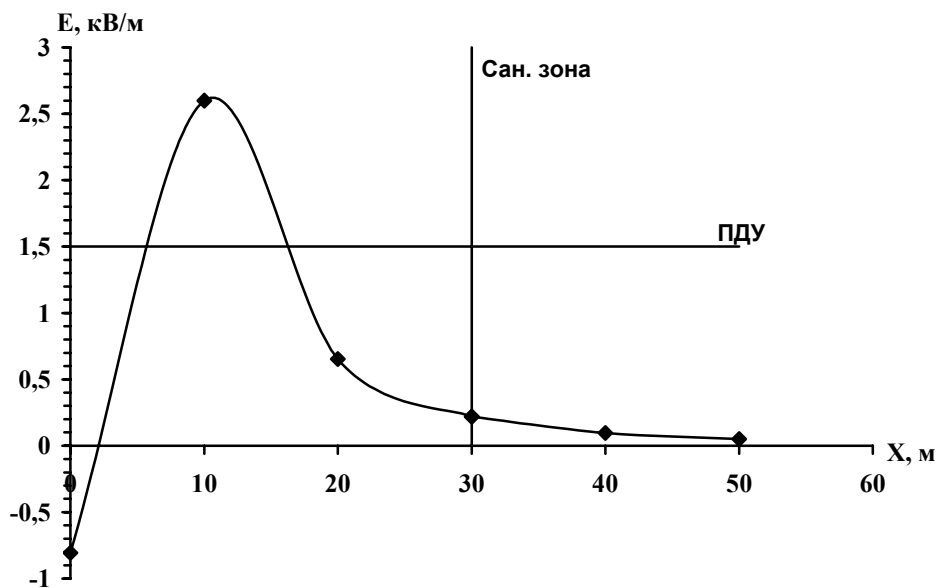


Рис. 2. Зависимость напряженности электрического поля от расстояния

Вывод: На границе охранной зоны (30 м) напряжённость электрического поля ниже допустимой для жилой застройки. Следовательно, за пределами охранной зоны можно вести жилищное строительство.

Расчёт шума

Расчет производим по следующим формулам

$$E = \frac{C * U}{2 \sqrt{3} \pi \epsilon_0 * r} = \frac{9,4 * 10^{-12} * 330}{2 \sqrt{3} \pi * 8,85 * 10^{-12} * 0,0113} = 3863 \text{ кВ/м}$$

$$L = 20 + 0,0111 * E_{\max} + 900 * r + 15 * \lg n - 20 \lg B =$$

$$= 20 + 0,0111 * 3863 + 900 * 0,0113 + 15 \lg 2 - 20 \lg 100 = 11,68 \text{ дБ}$$

Вывод: шум на расстоянии 100 м от ЛЭП 330 кВ составляет 11,68 дБА, что является ниже допустимого.

Варианты заданий

Рассчитать напряженности электрического поля, создаваемого ЛЭП, по мере удаления от него в соответствии с заданным вариантом (табл. 3).

Таблица 3

Варианты заданий

№	Напряжение U, кВ	Сечение провода, $S, \text{мм}^2$	Число проводов в фазе n	Расстояние между фазами, $D_0, \text{м}$	Высота подвеса провода, H, м
1	220	240	1	7	17,5
2	220	300	1	8	20,5
3	220	330	1	9	22,5
4	220	400	1	10	17,5
5	220	500	1	11	20,5
6	220	600	1	12	22,5
7	330	240	1	9	10,7
8	330	300	1	10	17,5
9	330	330	1	11	20,5
10	330	400	2	12	22,5
11	330	500	2	13	25,5
12	330	600	2	14	22,5
13	500	300	2	12	17
14	500	300	2	13	22
15	500	330	2	14	27
16	500	400	3	14	17
17	500	500	3	15	22
18	500	600	3	15	27
19	750	240	3	17,5	28
20	750	300	3	18	30
21	750	400	4	18,5	32
22	750	400	4	19	35
23	750	500	4	19,5	32
24	750	500	4	20	35
25	220	240	1	9	20,5
26	330	300	1	12	22,5
27	500	400	2	15	27
28	750	500	3	18	30
29	330	500	2	13	20,5
30	500	600	2	14	22,5

Рекомендуемая литература

1. Александров Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды.—Л. : Энергоатомиздат, 2009.—360 с.

Практическая работа 9

Электромагнитные излучения, создаваемые телевизионными станциями

Цель работы:

- изучить влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на организм человека;
- рассчитать электромагнитное излучение, создаваемое передающей антенной телецентра.

Теоретические сведения

1. Характеристики электромагнитного излучения

Основными характеристиками электромагнитного излучения (ЭМИ) являются:

- частота, Гц;

Радиоволны, в зависимости от частоты, делятся на диапазоны:

ДВ	100	-	300	кГц
СВ	0.3	-	3	мГц
КВ	3	-	30	мГц
УКВ	30	-	300	мГц
СВЧ	0,3	-	300	гГц.

- напряженность электрического поля E , В/М;

- напряженность магнитного поля H , А/М;

- плотность потока энергии W , Вт/м².

2. Действие электромагнитного излучения на человека

Влияние на организм человека электромагнитного излучения радиочастот большой интенсивности связано с частичным поглощением их энергии тканями тела, что вызывает тепловой эффект.

Под воздействием высокочастотного электромагнитного излучения ионы тканей приходят в движение; в тканях возникают высокочастотные токи, сопровождающиеся поглощением энергии полей. Если механизм терморегуляции тела не способен рассеять избыточное тепло, возможно повышение температуры тела. Некоторые органы и ткани человека более чувствительны к облучению (мозг, глаз, почки, кишечник).

Проводимость тканей пропорциональна содержанию в них тканевой жидкости; наибольшую проводимость имеют кровь и мышцы, а наименьшую - жировые ткани. Толщина жирового слоя в облучаемом участке оказывает влияние на степень отражения волн от поверхности тела человека. Головной и спинной мозг имеют незначительный жировой слой, а глаза совершенно его не имеют, поэтому эти органы подвергаются наибольшему воздействию.

Систематическое и длительное воздействие на человека электромагнитных полей различных частот с интенсивностью,

превышающей предельно допустимые уровни (ПДУ), может привести к некоторым функциональным изменениям в организме, в первую очередь - в центральной нервной системе. Эти изменения в организме могут проявляться в головной боли, нарушении сна, повышенной утомляемости, раздражительности и ряде других симптомов. Кроме функциональных возможны также необратимые изменения в организме: торможение рефлексов, понижение кровяного давления, замедление сокращения сердца, изменение состава крови, помутнение хрусталика глаза.

Степень воздействия на человека электромагнитных полей зависит от интенсивности облучения, его длительности, расстояния от источника образования поля и от индивидуальной чувствительности организма человека.

3. Нормирование электромагнитного излучения

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» устанавливают предельно-допустимые уровни (ПДУ) воздействия на людей электромагнитных излучений в диапазоне частот 30 кГц - 300 ГГц.

При работе радио и телестанций магнитная составляющая по своей величине не имеет существенного значения, поэтому интенсивность ЭМИ оценивается только по величине напряженности электрического поля (Е, в/м).

Таблица 1

Предельно допустимые уровни ЭМИ, создаваемые телевизионными станциями

Частота, МГц	ПДУ, в/м
30-60	5
60-120	4
120-240	3
240-300	2,5

При одновременном облучении от нескольких источников, для которых установлены разные ПДУ, должно соблюдаться следующее условие:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \left(\frac{E_i}{\text{ПДУ}_i} \right)^2 \leq 1 \quad (1)$$

где

E_i - напряженность электрического поля, создаваемого i -источником, в/м,

ПДУ_i - предельно-допустимый уровень для i -источника, в/м.

Для защиты населения от ЭМИ мощных телерадиостанций (свыше 100 кВт) КВ диапазона, они должны размещаться за пределами населенных мест, вдали от жилой застройки.

Вокруг телерадиостанций создают санитарно-защитные зоны, размеры которых должны обеспечивать предельно-допустимый уровень ЭМИ в населенных местах (табл.2).

Таблица 2

Размеры санитарных зон

Суммарная мощность передатчика, кВт	Размеры санитарной зоны, м
до 10	в пределах технической территории
10-75	200-300
75-160	400-500
более 160	500-1000

Санитарная зона разделяется на зону строгого режима (50-100 м) и зону ограниченного пользования в зависимости от мощности передатчика. В зоне строгого режима допускается пребывание только работников передающей станции, и ограниченное время.

В зоне ограниченного пользования можно располагать объекты, в которых граждане могли бы находиться менее 8 час (гаражи, хозяйственно-бытовые помещения и др.)

Определение напряженности электрического поля в расчетной точке

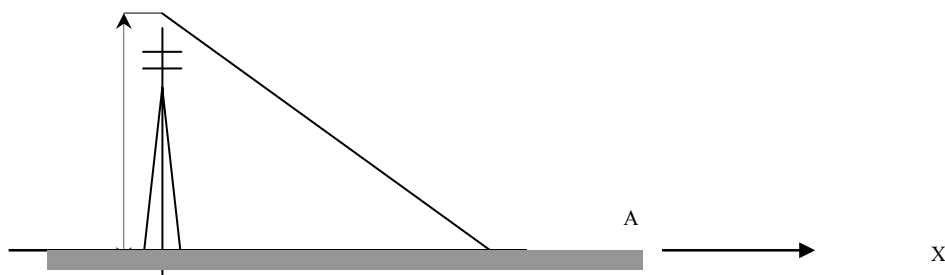


Рис.1. Определение напряженности ЭМП в расчетной точке

Электрическая напряженность ЭМИ в расчетной точке А определяется по формуле:

$$W = \bar{E} * \bar{H} = \frac{E^2}{377} = \frac{P * \varphi}{4 * \pi * R^2} \quad (2)$$

$$E = \sqrt{\frac{30 * P * \varphi}{h^2 + x^2}} \quad (3)$$

где: P - мощность источника, Вт
 φ - коэффициент направленности антенны, рад

$$\varphi = \arctg \frac{x}{h} \quad (4)$$

где: R - расстояние от антенны до расчетной точки, м

h - высота антенны, м

x - расстояние от основания антенны до расчетной точки, м.

Электрическая напряженность ЭМИ в жилом помещении определяется по формуле:

$$E^* = k * E \quad (5)$$

где: k - ослабление ЭМИ стенами здания,

k=1 для кирпичных стен;

k=0,2 для панельных стен.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите методические указания и выполните расчеты в соответствии с заданием

Задание к работе

Рассчитать электрическую напряженность ЭМИ, создаваемого телевизионными передающими антеннами, по мере удаления от телецентра.(X=0, X=50, X=70, X=100, X=150, X=200, X=250, X=300) Построить график $\alpha = f(x)$. Определить на каком расстоянии электрическая напряженность уменьшается до ПДУ (табл. 1).

Определить размер санитарной зоны по табл. 2 и определить напряженность электрического поля внутри жилого дома, расположенного на границе санитарной зоны и сравнить с ПДУ.

Пример расчета

Исходные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

h, м	1 канал		2 канал		3 канал	
	f ₁	P ₁	f ₂	P ₂	f ₃	P ₃
100	80	5000	110	10000	210	2500

Где:

h- высота антенны;

f_i- частота, МГц;

p_i- мощность передатчика, Вт

Определим ПДУ для каждого канала по табл. 1 и занесем в табл.4.

Определим электрическую напряженность в расчетных точках по формуле 3 и результаты расчета сведем в табл. 4 и рис.2.

$$x=50 \quad E_1 = \sqrt{\frac{30 * P * \operatorname{arctg} \frac{x}{h}}{h^2 + x^2}} = \sqrt{\frac{30 * 5000 * \operatorname{arctg} \frac{50}{100}}{50^2 + 100^2}} = 2,35 \text{ В/м}$$

$$E_2 = \sqrt{\frac{30 * 10000 * \operatorname{arctg} \frac{50}{100}}{50^2 + 100^2}} = 3,32 \text{ В/м}$$

$$E_3 = \sqrt{\frac{30 * 2500 * \operatorname{arctg} \frac{50}{100}}{50^2 + 100^2}} = 1,66 \text{ В/м}$$

$$\alpha = (2,35/4)^2 + (3,32/4)^2 + (1,66/3)^2 = 0,36$$

Таблица 4

Результаты расчетов

X	$\operatorname{arctg} \frac{x}{h}$	E_1	E_2	E_3	α
0	0	0	0	0	0
50	0,464	2,35	3,32	1,66	1,34
100	0,785	2,42	3,43	1,72	1,43
150	0,983	2,13	3,02	1,51	1,11
200	1,107	1,82	2,58	1,29	0,808
250	1,190	1,57	2,21	1,11	0,596
300	1,249	1,37	1,94	0,97	0,456
ПДУ	-	4	4	3	1

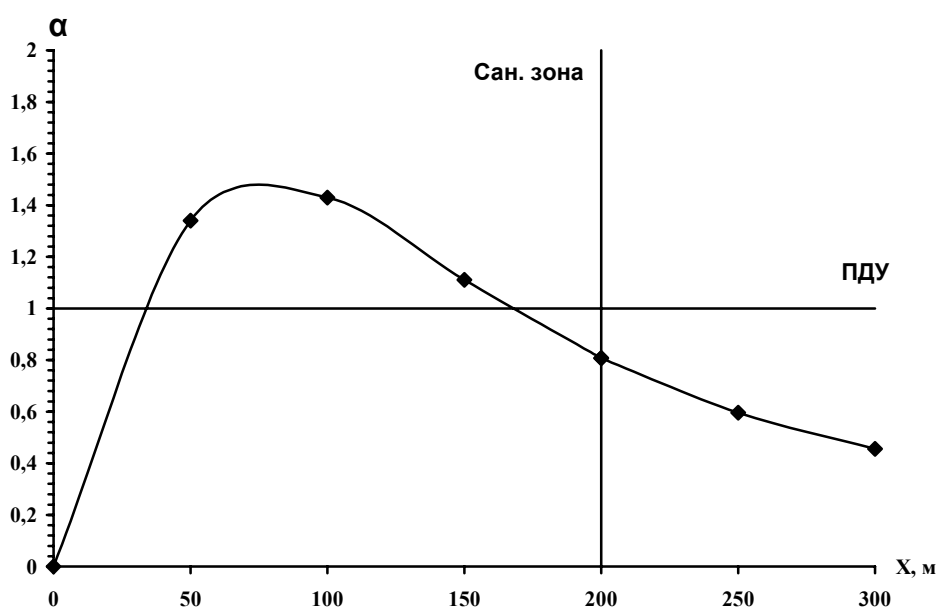


Рис. 2.

Суммарная мощность передатчиков:

$$5000+10000+2500=17500 \text{ Вт}=17,5\text{кВт}$$

Отсюда по табл.2 определяем размер санитарной зоны – 200 м.

Находим по табл.5 величину E для $X=200\text{м}$ и рассчитываем напряженность электрического поля в кирпичном и панельном домах.

Таблица 5

Напряженность электрического поля

	E_1	E_2	E_3	α
$X=200$	1,82	2,58	1,29	0,808
Кирпичный дом	1,82	2,58	1,29	0,808
Панельный дом	0,364	0,516	0,258	0,032
ПДУ	4	4	3	1

На границе санитарной зоны ЭМИ в кирпичных и панельных домах не превышает допустимые значения.

Варианты заданий

Рассчитать электрическую напряженность, создаваемую телевизионным передатчиком, по мере удаления от него в соответствии с заданным вариантом (табл. 6).

В таблице даны высота антенны, частоты и мощность передатчиков.

Таблица 6

Данные для выполнения задания

№ Варианта	Высота антенны h	1 канал		2 канал		3 канал	
		f_1	P_1	f_2	P_2	f_3	P_3
1	300	31	1100	61	3100	121	6100
2	290	32	1200	62	3200	122	6200
3	280	33	1300	63	3300	123	6300
4	270	34	1400	64	3400	124	6400
5	260	35	1500	65	3500	125	6500
6	250	36	1600	66	3600	126	6600
7	240	37	1700	67	3700	127	6700
8	230	38	1800	68	3800	128	6800
9	220	39	1900	69	3900	129	6900
10	210	40	100	70	4000	130	7000
11	200	41	1100	71	4100	131	7100
12	190	42	1200	72	4200	132	7200

13	180	43	1300	73	4300	133	7300
14	170	44	1400	74	4400	134	7400
15	160	45	1500	75	4500	135	7500
16	150	46	1600	76	4600	136	7600
17	140	47	1700	77	4700	137	7700
18	130	48	1800	78	4800	138	7800
19	120	49	1900	79	4900	139	7800
20	110	50	2000	80	5000	140	8000
21	100	51	2100	81	5100	141	8100
22	90	52	2200	82	5200	142	8200
23	80	53	2300	83	5300	143	8300
24	90	54	2400	84	5400	144	8400
25	100	55	2500	85	5500	145	8500
26	110	59	2600	86	5600	146	8600
27	120	57	2700	87	5700	147	8700
28	130	58	2800	88	5800	148	8800
29	140	59	2900	89	5900	149	8900
30	150	59,5	3000	90	6000	150	9000

где: h - высота антенны, м;
 f - частота, МГц ;
 P - мощность передатчика, Вт.

Практическая работа 10

Расчет фильтров для очистки сварочных аэрозолей

Цель работы: Освоить методику расчета фильтров для очистки сварочных аэрозолей

Теоретические положения

Электродуговая сварка, электрорезка и наплавка металлов сопровождаются выделением газов и сварочной пыли. Их основные источники - электроды, флюсы, наплавочные смеси. Пробы на состав аэрозолей показали, что пыль состоит из окислов железа, марганца, кремния и некоторых других. В табл. 1 приведен химический состав пыли, образующийся при сварке электродами.

Таблица 1

Химический состав пыли, образующийся при сварке электродами

Марка электродов	MnO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CrO ₃	Ni	Ti
УОНИ-13/45	4,4	7,06	47,2	0,0013*	-	-
ОММ-5	5,5	4,58	35,8*	-	-	-
Аустенитные	3,4	-	43,2	3,4	2,0	0,16*
ЦМ-7	8,6	4,2*	-	-	-	-
Меловые	-	0,33	9,30*	-		-

* Остальное количество выделений (до 100% по массе) составляют окислы азота, углерода и другие газы.

При расчете фильтров для очистки сварочных аэрозолей необходимо учитывать, что частицы окислов, в основном, имеют размер от 10^{-3} мкм до 1 мкм. Анализ дисперсного состава счетным методом показал, что сварочная пыль состоит до 99% из частиц размером до 1 мкм. Около 1% составляют частицы до 5 мкм, а частицы размером более, чем 5 мкм – десятые доли процента.

Для очистки таких аэрозолей применяются фильтры, состоящие из фильтроэлементов грубой и тонкой очистки при их последовательном соединении. Улавливание частиц размером 1 мкм и более (грубая очистка) возможно фильтроэлементами из пористых металлов, а частицы с размером менее чем 1 мкм эффективно задерживают фильтрующие материалы типа ФП (фильтры Петрянова). Однако фильтроматериалы типа ФП хорошо работают при концентрациях твердых частиц в аэрозоли не более 1 мг/м^3 .

Для расчета фильтроэлементов в качестве исходных данных принимают:

1) расход фильтруемого газа Q , $\text{м}^3/\text{ч}$, с учетом того, что от постоянных мест газопламенной обработки мелких деталей местными отсосами обычно отводится $1700 \dots 2500 \text{ м}^3/\text{ч}$, а от постов кислородно-флюсовой резки и резки высокомарганцовистой стали на 1 мм толщины реза – $250 \dots 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ газа;

2) общую концентрацию пылевых примесей в фильтруемом газе q_0 $\text{мг}/\text{м}^3$. Причем $q_0 = q_1 + q_2$, где q_1 – концентрация примесей с размером частиц от 1 мкм и выше, q_2 – концентрация примесей с размером частиц меньше, чем 1 мкм . После прохождения фильтра грубой очистки к фильтроэлементу тонкой очистки газ подходит с концентрацией пыли

$$q'_2 = q_2 + q'_1. \quad (1)$$

где q'_1 – доля пыли с размером частиц 1 мкм и более, проходящая через фильтр грубой очистки. Значение q'_1 определяют по формуле:

$$q'_1 = q_1(1 - \eta_1),$$

где η_1 – эффективность улавливания частиц фильтром грубой очистки. В формуле (1) условно принято, что фильтр грубой очистки обладает нулевой эффективностью улавливания частиц размером менее 1 мкм .

После прохождения фильтроэлемента тонкой очистки в газе содержится пыль с концентрацией частиц q_3 . Для фильтроматериалов типа ФП величина отношения q_3/q'_3 обычно составляет $0,0001 \dots 0,1$ в зависимости от дисперсии твердой фазы аэрозоля и условий эксплуатации фильтра.

Расчет фильтра выполняют для определения а) типа фильтроматериалов по заданной эффективности очистки и площади фильтрования, по величине расхода газа и допустимого начального перепада давления на фильтре; б) времени непрерывной работы до регенерации фильтра по величине конечного перепада давления на фильтре. Определив указанные параметры, конструируют фильтр.

а) Фильтр грубой очистки. Фильтроэлементами такого фильтра могут служить пористые материалы из порошковых металлов или пористые сетчатые металлы. Расчет фильтроэлемента грубой очистки из порошкового пористого металла проводят при следующих исходных данных: расход фильтруемого газа Q , $\text{м}^3/\text{ч}$, и его физические характеристики; концентрация пыли до фильтроэлемента q , $\text{мг}/\text{м}^3$; средний размер частиц $d_{\text{ср}}$, мкм ; тонкость очистки $d_{\text{то абс}}$, мкм ; начальное гидравлическое сопротивление фильтроэлемента $\Delta P_{\text{нач}}$, Па; конечное допустимое гидравлическое сопротивление фильтра из условий работы общей пневмосистемы $(\Delta P_{\text{кон}})_{\text{доп}}$, Па; время непрерывной работы фильтроэлемента $\tau_{\text{к}}$; плотность вещества высокодисперсных аэрозолей ρ_1 , $\text{г}/\text{см}^3$. Для сварочных аэрозолей $\rho_1 = 1 \dots 4 \text{ г}/\text{см}^3$.

Порядок расчета.

1. По заданной точности очистки $d_{\text{то абс}}$ определяем максимальный размер пор фильтроэлемента по формуле $d_{\text{п max}}/d_{\text{то абс}}$.

2. Задавая значение пористости Π в пределах величины $\Pi = 0,3 \dots 0,5$ и вид пористого материала (например, бронза, сталь), определяем средний размер пор фильтроэлемента по выражению

$$d_{\text{п ср}} = d_{\text{п max}}/0,8 \cdot \Pi^{-0,3} \text{ мкм.}$$

3. По соответствующим зависимостям табл. 1.2 для выбранного материала (например, СТ 50Х; форма частиц – лепестковая) определяем размер фракции порошка в пределах $1 \dots 1000$ мкм по формуле

$$d_{\text{о ср}} = d_{\text{п ср}}/\Pi^2 \text{ мкм.}$$

4. Выбираем толщину фильтроматериала из условий прочности и технологичности в пределах $h = 0,25 \dots 2$ мм.

5. По заданному начальному перепаду давления на фильтроэлементе $\Delta P_{\text{нач}}$ и критериальной зависимости $\xi = \frac{C}{R_e} (1 + A \cdot R_e^m \cdot \Pi^n)$ (см. табл.2), где

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \cdot W_n^2 \cdot h}{2 d_{\text{п ср}} n}; R_e = \frac{W_n \cdot d_{\text{п ср}} \cdot \rho}{\mu},$$

определяем скорость движения газа в порах W_n м/с. В расчетах физические характеристики газа (ρ – плотность, μ – вязкость) берем при

средних параметрах: давлении $P_{\text{ср}} = P_{\text{вх}} - \frac{\Delta P_{\text{нач}}}{2}$; температуре $T_{\text{ср}} = T_{\text{вх}}$, где $P_{\text{вх}}$, $T_{\text{вх}}$ – давление и температура газа перед фильтроэлементом.

Другие обозначения: R_e – число Рейнольдса; C , A – коэффициенты; m , n – показатели степени. Их значения приведены в табл. 2

Таблица .2

Данные для расчетов

Пористый металл	Форма частиц	Пористость, Π	Зависимость для определения среднего размера пор	Коэффициенты		Показатели степени m n
				A	C	
Бронза	сферы	0,25...0,42	$(3\Pi / 31-\Pi) \cdot d_{\text{ч ср}}$	0,56	152	0,9...1,72
Ст. 50Х	сферы	0,25...0,42	$1,9\Pi^{1,9} \cdot d_{\text{ч ср}}$		$5,56 \cdot 132 \cdot 10^{-3}$	0,9...1,72
	80%сферы+ 20%несфер.	0,18...0,32			$4,8 \cdot 172 \cdot 10^{-3}$	0,9...1,72
	лепестковая	0,18...0,32	$\Pi^2 \cdot d_{\text{ч ср}}$		$1,42 \cdot 500 \cdot 10^{-3}$	0,9...1,72

Решая приведенное уравнение относительно W_n , получим уравнение типа $\bar{\alpha} = A \cdot \Pi^n \cdot (d_{ncc} \cdot \rho / \mu)^m$; $\beta = 1 \cdot \Delta P_{нач} \cdot d_{ncc}^2 / h \mu \cdot C$. Решение этого уравнения дает значение W_n .

6 Определяем площадь фильтроэлемента по формуле

$$F_{\phi} = \frac{Q}{W_n \cdot \Pi} \text{ м}^2.$$

7 Конечное сопротивление фильтроэлемента рассчитываем по формуле

$$\Delta P_{кон} = \Delta P_{нач} \cdot \left[\left(1 - e^{-A_1 \cdot B \cdot h} \right) \cdot \left(\frac{e^{A_1 \cdot q_1 \tau_k} - 1}{A_1 \cdot B} \right) + h \right] / h,$$

где $B = \Pi(1 - \Pi_{\phi}) / W_{\phi}$; $W_{\phi} = W_{\Pi} \cdot \Pi$ – скорость газа перед фильтроэлементом (скорость фильтрации); $\Pi_{\phi} = 0,5$ – пористость осевшего в порах осадка; $A_1 = 5,25 \cdot 10^3$, 1/с – опытный коэффициент; $q_1 = g / \rho_1$ – объемное содержание твердых частиц; τ_k – время работы фильтра, с. При значении $\Delta P_{кон} > (\Delta P_{нач})_{доп}$ расчет необходимо повторить, задавая другие значения $\Delta P_{нач}$, h , Π , или, если отличие незначительно, можно уточнить время τ_k .

При $\Delta P_{кон} < (\Delta P_{нач})_{доп}$ можно уточнить время τ_k , приняв $\Delta P_{кон} = (\Delta P_{нач})_{доп}$.

8. Среднее за время работы фильтра объемное содержание твердых примесей в потоке газа за фильтром грубой очистки определяем по формуле

$$q'_{lcp} = \ln \frac{e^{A_1 \cdot q_1 \tau_k} - 1 + e^{A_1 \cdot B \cdot h}}{e^{A_1 \cdot B \cdot h}} / A_1 \cdot \tau_k.$$

9. Среднее массовое содержание твердых примесей в потоке газа, прошедших фильтроэлемент без учета g_2 , равняется $g'_1 = q'_{lcp} \cdot \rho$ г/см³.

10 Эффективность очистки равна $\eta_1 = (q_1 - q'_{lcp}) = (g_1 - g'_1) / g_1$

б) Фильтр тонкой очистки.

В качестве фильтроматериала тонкой очистки рассмотрим материал ФПП-25-3,0. Исходные данные для расчета: расход фильтруемого газа Q , нм³/ч (см. предыдущий расчет); концентрация пыли, прошедшей фильтр грубой очистки, g'_1 , мг/м³ (см. предыдущий расчет); концентрация высокодисперсной пыли g_2 , мг/м³; допустимый коэффициент проскока по наиболее проникающим частицам $K_{доп}$.

Порядок расчета.

1. Определяем концентрацию частиц пыли перед фильтром тонкой очистки по формуле $g'_2 = g_2 + g'_1$, при этом $g'_2 < 1$ мг/м³.

2. Задаем скорость фильтрации W_{ϕ} для фильтроэлемента тонкой очистки. Рекомендуемое значение скорости фильтрации составляет 1...5 см/с. В отдельных случаях допустимо увеличение скорости фильтрации до 10...20 см/с. При этом потери давления ΔP_v на фильтроэлементе из материала ФП можно рассчитывать по формуле $\Delta P_v = W_{\phi} \cdot \Delta P_1$, где ΔP_1 – потери давления на фильтроэлементе при скорости $W_{\phi} = 1$ см/с. Это значение указано на марке

фильтрующего материала ФП, например, фильтр Петрянова из перхлорвиниловых волокон W_{Φ} и величине Q находим площадь фильтрации фильтроэлемента по формуле $F_{\Phi} = Q/W_{\Phi}$. В табл. 3 приведены основные характеристики некоторых фильтров тонкой очистки. Все характеристики рассчитаны на режиме работы при скорости фильтрации $W_{\Phi} \approx 4,2$ см/с (150 м/ч). Фильтроматериалом служит ФП (ФПП-25, ФПП-15 или др. марки). Допустимая температура эксплуатации 60 °С. Назначение - для приточной и вытяжной вентиляции. В марке фильтра, например Д-9, цифрой обозначена площадь фильтрации F_{Φ} , м², а буква Д означает деревянный корпус. Содержащиеся цифры в обозначении фильтра марки ЛАИК означают: числитель – начальное сопротивление при скорости фильтрации $W_{\Phi} = 1$ см/с; знаменатель – площадь фильтрации F_{Φ} , м². Габаритные размеры относятся к каркасу фильтра шириной 2,5 мкм и перепадом давления $\Delta P_1 \approx 30$ Па при 3 мм вод. ст. (ФПП-25-3,0).

Таблица 3

Данные для расчетов

№ пп	Марка фильтра	Площадь фильтрации F_{Φ} , м ²	Расход Q , м ³ /ч	Сопротивление фильтра ΔP_0 , Па	Габариты каркаса, мм	
					Входное сечение	Длина
1	Д-2,8	2,76	420	137...186	296·318	370
2	Д-6	6,1	900	137...186	320·636	370
3	Д-9	9,0	1350	196...245	320·636	520
4	Д-15	15,1	2260	402...471	355·636	750
5	Д-16	15,6	2340	196...245	320·636	470
6	ЛАИК СП-3/15	15,1	2250	177	565·735	780
7	ЛАИК СП-3/17	17,5	2250	147	615·995	355
8	ЛАИК СП6-15	15,1	2250	235	565·735	780
9	ЛАИК СП-6-17	17,5	2350	206	615·995	355

3. По величине скорости фильтрации определяем размер наиболее проникающих через материал ФП частиц по графику (рис. 1.1) в [5, дополнит. литер]. Минимум на графике соответствует размеру наиболее проникающих частиц.

4. По размеру наиболее проникающих частиц и скорости фильтрации находим коэффициент фильтрующего действия α по кривым рис. 1.2 [5, дополнит. литер]. Совокупность кривых на указанных рис., а также формула $\Delta P_V = W_\Phi \cdot \Delta P_1$ дают оптимальное соотношение между скоростью фильтрации, потерями давления и коэффициентом проскока через коэффициент α .

5. По найденному значению α вычисляем коэффициент проскока по наиболее проникающим частицам, используя, используя формулу $K_1 = 10^{-\alpha \cdot \Delta P_1}$ для слоя фильтроматериала ФП при стандартном сопротивлении ΔP_1 . При этом считают, что фильтроматериал электрически не заряжен.

6. Вычисляем величину стандартного сопротивления фильтроматериала при $W_\Phi = 1$ см/с по допустимому коэффициенту проскока $K_{\text{доп}}$ и найденному значению α по формуле $(\Delta P_1)_0 = -\lg K_{\text{доп}}$.

7. Отношение величины стандартного сопротивления $(\Delta P_1)_0$ к стандартному сопротивлению одного слоя ФП ΔP_1 определяет число слоев фильтроматериала ФП по формуле $Z = (\Delta P_1)_0 / \Delta P_1$. Округляем значение Z в большую сторону до целого числа Z_0 .

8. Рассчитываем окончательное значение величины проскока с учетом округления числа слоев до целой величины по формуле $K = 10^{-\alpha \cdot (\Delta P_1)_{Z_0}}$, где $(\Delta P_1)_{Z_0} = \Delta P_1 \cdot Z_0$ – стандартное сопротивление Z_0 слоев ФП.

9. Рассчитываем срок службы фильтроматериала τ_T . Для этого предварительно рассчитываем массу осадка на фильтре в единицу времени по формуле $\bar{G} = \frac{G}{F_\Phi} \cdot g'_2(1 - K)$, исходя из условия полного осаждения частиц с размером, отличным от размера наиболее проникающих частиц. Тогда τ_T можно определить по отношению $\tau_T = \bar{G}_{\text{общ}} / \bar{G}$ ч, где $\bar{G}_{\text{общ}}$ – удельная максимально допустимая масса осадка на ФП ($\bar{G}_{\text{общ}} = 500 \dots 100$ г/м²).

10. Повышение перепада давления ΔP_0 на фильтре при образовании осадка определяют из условия, что при $W_\Phi = 1$ см/с за весь срок службы увеличение перепада давления не превышает 50...100 Па. При скорости фильтрации $W_\Phi > 1$ см/с рост перепада давления можно определить по формуле $\Delta P_0 = W_\Phi \cdot \Delta P_{01}$, полагая $\Delta P_{01} = 100$ Па при $W_\Phi = 1$ см/с. Тогда общее сопротивление фильтра тонкой очистки ΔP_T с учетом образования осадка вычисляем по формуле $\Delta P_T = \Delta P_\Phi + \Delta P_0$, где $\Delta P_\Phi = \Delta P_1 \cdot Z_0 \cdot W_\Phi$ – потери давления в рассчитанном фильтре тонкой очистки с числом слоев фильтроматериала Z_0 при скорости фильтрации W_Φ .

11. Расчетную эффективность очистки можно определить по формуле $\eta = 1 - K$ и сравнить с приводимой в работе [5, пп. 9.2] эффективностью очистки вентиляционных выбросов для материала ФП при скорости фильтрации $W_\Phi = 4,2$ см/с (табл. 4).

Суммарная эффективность очистки фильтрами грубой и тонкой очистки.

1. Суммарные потери давления вычисляют по формуле $\Delta P = \Delta P_{\Gamma} + \Delta P_T$ Па.

2. Общую эффективность очистки газа от примесей определяют по формуле $\eta = (g_0 - g'_2 \cdot K)/g_0$.

Таблица 4

Назначение фильтра	Рекомендуемая марка материала	Эффективность очистки по размеру частиц 0,2...0,4 мкм, не менее
1. Очистка нетоксичных вентиляционных выбросов	ФПП-70-02	0,9
	ФПП-70-05	0,99
	ФПП-15-1,5	0,99....0,999
2. Очистка вентиляционных выбросов, содержащих токсичные аэрозоли	ФПП-15-3	
	ФПП-25-3	0,999....0,9999
	ФПА-15-4	

Пример.

Рассчитать фильтр для очистки вентиляционных выбросов, отводимых от постоянных постов газопламенной обработки мелких деталей местными отсосами с расходом газа $Q = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Общая концентрация пылевых примесей в газе $g_0 = 5 \text{ мг}/\text{м}^3$, причем частиц со средним размером больше 3 мкм, $g_1 = 4,5 \text{ мг}/\text{м}^3$, а высокодисперсных частиц менее 1 мкм, $g_2 = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$. Допустимые суммарные потери давления на фильтре грубой и тонкой очистки в конце цикла работы $\tau = 100 \text{ ч}$ не более $(\Delta P_{\text{кон}})_{\text{доп}} = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Допустимый коэффициент проскока по наиболее проникающим частицам для фильтра тонкой очистки $K_{\text{доп}} = 0,001$. Температура газа $T = 290 \text{ К}$, давление на входе в фильтр $P_{\text{вх}} = 10^5 \text{ Па}$, начальный перепад давления на фильтре грубой на фильтре грубой очистки $\Delta P_{\text{нач}} = 0,15 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Расчет фильтра грубой очистки

1. Учитывая величину средних размеров частиц загрязнителя, назначаем абсолютную тонкость очистки фильтром 3 мкм, тогда максимальный размер пор равен $d_{\text{Пmax}} = 3 \cdot 3 \text{ мкм}$.

2. Задавая пористость $\Pi = 0,45$, находим $d_{\text{пср}} = \frac{9}{0,8 \cdot (0,45)^{-3}} = 8,85 \text{ мкм}$.

3. Выбираем материал Ст. 50Х (форма частиц – лепестковая) фильтроэлемента по табл.1.2. Тогда средний размер частиц порошка равен $d_{\text{чср}} = 8,85 / (0,45)^2 = 43,7 \text{ мкм}$.

4. Назначаем толщину материала фильтроэлемента $h = 1 \text{ мм}$.

5. Решая совместно три уравнения с учетом данных табл. 2 для материала Ст. 50X, получим уравнение $\alpha = W_n^{1,9} + W_n - \beta = 0$, где

$$\alpha = 0,142 \cdot 0,45^{-1,9} \cdot \left(\frac{8,85 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2}{180 \cdot 10^{-7}} \right)^{0,9} = 4,03 \cdot 10^{-2};$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 0,15 \cdot 10^5 (8,85 \cdot 10^{-6})^2}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 180 \cdot 10^{-7} \cdot 500} = 0,261$$

Решая уравнение, получим $W_n = 0,257$ м/с.

6. Площадь фильтрации равна $F_\phi \frac{2000}{3600 \cdot 0,257 \cdot 0,45} = 4,804 \text{ м}^2$.

7. Перепад давления на фильтре в конце расчетного времени ($\tau = 100$ ч) равен $\Delta P_{\text{кон}} = \frac{0,15 \cdot 10^5 (1 - e^{-5,25 \cdot 10^3 \cdot 1,946 \cdot 10^{-3}})(e^{5,25 \cdot 10^3 \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot 3,6 \cdot 10^5} - 1)}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 5,25 \cdot 10 \cdot 1,946} + 1 \cdot 10^{-3} = 0,576 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Значения параметров, использованных в расчете, $B = \frac{0,45(1-0,5)}{0,45 \cdot 0,257} = 1,946$;

$$\rho_1 = 2,5 \text{ г/см}^3; q_1 = \frac{4,5 \cdot 10^{-6}}{2,5 \cdot 10^3} = 1,8 \cdot 10^{-9}.$$

Получили, что $\Delta P_{\text{кон}} < (\Delta P_{\text{кон}})_{\text{доп}}$ (часть перепада давления от $(\Delta P_{\text{кон}})_{\text{доп}}$ должна быть распределена еще и на фильтр тонкой очистки).

8. За время работы фильтра среднее объемное содержание твердых примесей в потоке за фильтром равно $q'_{\text{лср}} = 5,604 \cdot 10^{-13}$ (без учета мелкодисперсной фракции с концентрацией g_2).

9. Среднее массовое содержание твердых частиц за фильтром грубой очистки без учета частиц менее 1 мкм равно

$$g'_1 = 5,604 \cdot 10^{-13} \cdot 2,5 \cdot 10^3 = 1,4 \cdot 10^{-9} \text{ кг/м}^3 = 1,4 \text{ мг/м}^3.$$

10. Эффективность очистки фильтром равна

$$\eta_r = \frac{1,8 \cdot 10^{-9} - 5,604 \cdot 10^{-13}}{1,8 \cdot 10^{-9}} = 0,99969.$$

Расчет фильтра тонкой очистки

Учитывая допущение, что фильтр грубой очистки полностью пропускает частицы менее, чем 1 мкм, а также частицы большего размера, прошедшие через фильтр, проведем расчеты по следующим параметрам:

1. Концентрация частиц пыли перед фильтром тонкой очистки

$$g'_2 = 0,5 + 0,0014 = 0,5014 \text{ мг/м}^3.$$

2. Из расчета фильтра грубой очистки скорость фильтрации равняется $W_\phi = 0,257 \cdot 0,45 = 0,1157$ м/с. Учитывая рекомендуемые скорости для фильтров тонкой очистки, можно в расчетах далее ориентироваться на эту скорость. Примем $W_\phi = 10$ см/с. Выберем фильтроматериал для фильтра тонкой очистки ФПП-25-3,0. Площадь фильтрации равняется $F_\phi = 2000/3600 \cdot 0,1 = 5,556 \text{ м}^2$.

3. По графику рис. 1.2 [5, дополнит. лит] находим, что наиболее проникающий размер частиц при $W_{\phi} = 10$ см/с равен $d_{\phi} = 0,24$ мкм ($R = 0,12$ мкм).

4. По графику рис. 1.3 [5, дополнит. лит] определяем коэффициент фильтрующего действия $\alpha = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ Па}^{-1}$ ($0,35 \text{ мм}^{-1}$ вод. ст.).

5. Величина стандартного сопротивления, обеспечивающего для ФПП-25-3,0 при $\alpha = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ Па}^{-1}$ допустимую величину проскока $K_{\text{доп}} = 0,001$, равна

$$(\Delta P_1)_0 = \frac{-\lg 0,001}{3,5 \cdot 10} 84 \text{ Па}.$$

7. Число слоев ФПП-25-3,0, обеспечивающее данное значение $(\Delta P_1)_0$, равняется $Z = 84/30 = 2,80$. Округляя, получим $Z_0 = 3$.

8. Значение величины проскока для трех слоев ФПП-25-0,3

$$K = 10^{-0,35 \cdot 3 \cdot 10/10} = 0,710 \cdot 10^{-3}.$$

9. Для расчета срока службы ФПП-25-0,3 определим массу осадка на фильтре в единицу времени $\bar{G} = 5,01 \cdot 10^{-8} \text{ кг/см}^2$ и зададим $\bar{G}_{\text{общ}} = 75 \text{ г/м}^2$. Тогда

$$\tau_T = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{5,01 \cdot 10^{-8} \cdot 3600} = 415,8 \text{ ч}$$

10. Рост перепада давления на фильтре тонкой очистки от выпавшего осадка при $w_0 = 10$ см/с $\Delta p_0 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$ Па. Повышение давления на трех слоях собственно

ФПП-25-3,0 за счет $w_f = 10$ см/с будет $\Delta p_{IV} = 3 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 10 = 9 \cdot 10^2$ Па. Общее повышение давления на фильтре тонкой очистки достигает величины $\Delta p_T = 10^3 + 9 \cdot 10^2 = 1,9 \cdot 10^3$ Па.

11. Эффективность очистки фильтром ФПП-25-3,0 (см. табл. 4)

$$\eta = 1 - 0,000710 = 0,99929 = 0,9993.$$

12. Суммарная эффективность очистки фильтрами грубой и тонкой очистки.

а) Суммарные потери давления $\Delta p = 0,576 \cdot 10^5 + 1,864 \cdot 10^3 = 0,595$ Па;

б) общая эффективность очистки $\eta = (5 - 0,5014 \cdot 0,710 \cdot 10^{-3}) \cdot 5 = 0,99993$.

По данным расчета конструируем фильтр на основе рекомендаций, приведенных ранее.

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Тимофеева С.С., Дроздова Т.И. Технология средств и систем защиты. Практикум. - Иркутск, ИрГТУ. – 2012. - 72 с. (электронная версия)

2. Тимофеева С.С., Шешуков Ю.В. Проектирование систем безопасности. Учебное пособие. - Иркутск. Изд-во:ИрГТУ. – 2008. -270 с.
3. Тимофеева С.С., Какаулин С.П. Управление безопасностью труда. Учебное пособие. - Иркутск. Изд-во: ИрГТУ. – 2005. -206 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. учебник для вузов /С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.В. Ильницкая и др.; под общ. ред. СВ. Белова.-8-е изд., стереотип. — М.: Высшая школа, 2009. — 616 с.

Дополнительная учебная и справочная литература:

1. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник / В.А. Девисилов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ФОРУМ, 2009. - 496 с: илл. - (Профессиональное образование).
2. Человеческий фактор в обеспечении безопасности и охраны труда: учеб. пособие/П.П.Кукин, Н.Л. Пономарев, В.М. Попов, Н.И. Сердюк.- М.: Высшая школа, 2008.-317 с.
3. Мастрюков Б.С. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: учебник для вузов / Б.С Мастрюков. — М.: Академия, 2009. —320 с.
4. Аполлонский С.М., Каляда Т.В., Синдаловский Б.Е. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях: Учеб.пособие. — СПб.: Политехника, 2006. — 263 с.
5. Пестряков И.В. Волокнистые фильтрующие материалы ФП. - М.: Знание, 1968.
6. Охрана окружающей среды /под ред. С.В. Белова. —М. : Высшая школа, 1991.
7. Борьба с шумом на производстве: Справочник/Под ред. Е.Я.Юдина-М.; Машиностроение, 2005, 400с.
8. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. И.Г.Староверова. - М.: Стройиздат, 1978, 340 с.
9. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И.Мягков и др: Под ред. А.А. Русанова. - М.: Энергоатомиздат, 1983, 312 с.
- 10.Емельянов В.М., под ред. Тарасова В.В. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: Учебное пособие. М.: Академический проект, Трикста. 2005.

Законодательные и нормативно-технические документы

1. Трудовой кодекс Российской федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (в ред Федерального Закона от 30.06.2006 №90-ФЗ).
2. ГОСТ 12.4.11-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация.
3. ГОСТ 12.4.096-2001. ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила при менения.
4. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

5. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.
6. СанПиН 2.2.4.1329-03. Требования по защите персонала от воздействия импульсных ЭМП.
7. СН 2.2.4/2.18.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

Учебно-практическое издание

Тимофеева Светлана Семеновна

Дроздова Татьяна Ивановна

ТЕХНОЛОГИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ЗАЩИТЫ
Практикум

Авторская редакция

Компьютерная верстка

Т.И. Дроздова