

# **I. ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИИ**

## **1. Практическая работа №1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов**

В ходе выполнения настоящей работы студенты приобретают навыки расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами точечного источника (в основном из труб промышленных предприятий).

Необходимые для проведения расчетов данные об источниках загрязнения приведены в таблицах. Используемые в настоящей работе методические рекомендации и расчетные формулы составлены на основе нормативного документа ОНД-86.

### **1.1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха вредными выбросами предприятий**

Все источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на точечные (например, труба предприятия), плоскостные (свалка) и линейные (автомагистраль). При выполнении данной работы студенты знакомятся с методикой расчетов уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов (рассчитывается концентрация загрязняющего вещества в воздухе на различных расстояниях от промышленных труб и дается вывод о влиянии данного предприятия на окружающую среду в данном районе путем сравнения расчетной концентрации загрязняющего вещества с его предельно допустимой средней суточной концентрацией в атмосфере населенных пунктов - ПДК с.с.).

В ходе проводимых расчетов вначале определяется максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе  $C_{\max}$ , которая может быть достигнута при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях (как правило, при опасной скорости ветра  $U_{\max}$  и на определенном от источника выбросов расстоянии  $x_{\max}$ ). Затем определяется концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе на заданном расстоянии  $x$  от источника выбросов.

### **1.2. Определение максимальной концентрации вредного вещества в атмосферном воздухе**

Расчет максимальной концентрации загрязняющего вещества в воздухе выполняется в соответствии с формулой:

$$C_{\max} = A * M * F * m * n * \Gamma * H^{-2}(V_1 * \Delta T)^{-1/3}, \quad (1)$$

Где  $A$  - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (таблица 1);

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

$F$  - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

$m$  и  $n$  - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси (ГВС) из источника;

$H$  - высота источника над уровнем земли, м;

$\Gamma$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (если территория, на которой расположен источник выбросов, ровная, т.е. перепад высот не превышает 50 м на 1 км, то  $\Gamma = 1$ ; если перепад высот более 50 м, но не превышает 100 м на 1 км, то  $\Gamma = 2$ ; для сильно пересеченной местности  $\Gamma = 3$ );

$\Delta T$  - разность между температурой выбрасываемой газо-воздушной смеси  $T_r$  и

температурой окружающего воздуха  $T_0$ , °С (для Пермского края (г.Пермь) значение  $T_0$  принимается равным 23,4 °С);

$V_1$  - расход газо-воздушной смеси (м<sup>3</sup>/с), рассчитываемый по формуле:

$$V_1 = 0,785D^2 * W_{cp}, \quad (2)$$

где  $D$  - диаметр источника, м;

$W_{cp}$  - средняя скорость выхода газо-воздушной смеси из устья источника, м/с. ( $W_{cp} = 7$  м/сек).

При наличии на предприятии очистных и газоулавливающих сооружений принимают  $F = 1$  для всех газообразных веществ, а также для мелкодисперсных веществ (зола, пыль и др.) и  $F = 2$  для мелкодисперсных аэрозолей. Если очистные и газоулавливающие сооружения отсутствуют,  $F = 3$ .

Коэффициенты  $m$  и  $n$  определяются в зависимости от параметров  $\Gamma$  и  $q$ , которые рассчитываются по формулам (3) и (4).

$$\Gamma = 1000 W_{cp}^2 * D * H^{-2} * \Delta T^{-1} \quad (3)$$

$$q = 0,65 (V_1 * \Delta T / H)^{1/3}. \quad (4)$$

$$m = (0,67 + 0,1 \Gamma^{1/2} + 0,34 \Gamma^{1/3})^{-1}, \text{ если } \Gamma < 100;$$

$$m = 1,47 \Gamma^{-1/3}, \text{ если } \Gamma \geq 100. \quad (5)$$

$$n = 0,532q^2 - 2,13q + 3,13, \text{ если } 0,5 \leq q < 2;$$

$$n = 4,4q, \text{ если } q < 0,5;$$

$$n = 1, \text{ если } q > 2. \quad (6)$$

### 1.3. Определение расстояния от источника выбросов,

**на котором достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества**

Определение расстояния  $x_{max}$  (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация  $C$  (мг/м<sup>3</sup>) достигает максимального значения  $C_{max}$  (мг/м<sup>3</sup>), выполняется с помощью формулы:

$$x_{max} = 0,25(5 - F) * k * H, \quad (7)$$

где  $k$  - безразмерный коэффициент, рассчитываемый с помощью формул (5.8) и (5.9).

Для  $\Gamma < 100$ :

$$k = 2,48 (1 + 0,28\Gamma^{1/3}), \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$k = 4,95q (1 + 0,28\Gamma^{1/3}), \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$k = 7q^{1/2}(1 + 0,28\Gamma^{1/3}), \text{ при } q > 2; \quad (8)$$

для  $\Gamma \geq 100$ :

$$k = 5,7, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$k = 11,4q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$k = 16q^{1/2}, \text{ при } q > 2. \quad (9)$$

### 1.4. Определение метеорологических условий, при которых может быть достигнута максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе

Основными метеорологическими факторами, влияющими на концентрацию вредных веществ в атмосферном воздухе, являются скорость и направление ветра. Опасная скорость ветра  $U_{max}$  (м/с), при которой достигается на расстоянии  $x_{max}$  от источника выбросов максимально возможное значение концентрации вредного вещества  $C_{max}$ , определяется по формулам (10) и (11).

Для  $r < 100$ :

$$U_{\max} = 0,5, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$U_{\max} = q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$U_{\max} = q(1+0,12^{1/2}), \text{ при } q > 2; \quad (10)$$

для  $r \geq 100$ :

$$U_{\max} = 0,5, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$U_{\max} = q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$U_{\max} = 2,2 q, \text{ при } q > 2 \quad (11)$$

### 1.5. Определение концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на заданном расстоянии от источника выбросов

При опасной скорости ветра  $U_{\max}$  приземная концентрация вредного вещества  $C$  в атмосферном воздухе на расстоянии  $x$  от источника выбросов рассчитывается по формуле:

$$C = S_1 * C_{\max}, \quad (12)$$

где  $S_1$  - безразмерная величина, зависящая от значения коэффициента  $F$  и отношения  $x/x_{\max}$ , которое обозначено ниже через  $a$ :

$$S_1 = 1,13 (0,13 a^2 + 1)^{-1}, \text{ при } 1 < a \leq 8;$$

$$S_1 = a (3,58 a^2 + 35,2 a + 120)^{-1}, \text{ при } F < 1,5 \text{ и } a > 8;$$

$$S_1 = (0,1 a^2 + 2,17a - 17,8)^{-1}, \text{ при } F > 1,5 \text{ и } a > 8. \quad (13)$$

Для низких и приземных источников выбросов, для которых  $2 \leq H < 10$ , выражение для  $S_1$  имеет вид:

$$S_1 = 0,125 [10 - H + (H - 2) S_1^*], \quad (14)$$

где  $S_1^*$  определяется по формуле (5.13\*):

$$S_1^* = 3a^4 - 8a^3 + 6a^2, \text{ при } a \leq 1. \quad (13^*)$$

### 1.6. Задание по работе

1) Для указанного преподавателем предприятия из таблицы 3 рассчитать уровни загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия на расстоянии 500 м от источника выбросов.

2) Основываясь на сравнении полученных при расчете значений концентрации загрязняющих веществ с величиной ПДК<sub>с.с.</sub>, сделать выводы о влиянии каждого из загрязняющих веществ на расчетную точку территории города.

3) Представить отчет по работе.

### 1.7. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо привести следующие данные:

- название предприятия;
- характеристики источника выбросов (высота и диаметр трубы, температура ГВС);
- характеристики выбрасываемых в атмосферу веществ (название, ПДК<sub>с.с.</sub>, объем выброса);

- значение опасной скорости ветра  $U_{\max}$ ;

- результаты промежуточных расчетов с точностью не менее 3 знаков после запятой;

- конечные результаты (концентрацию каждого из выбрасываемых веществ на расстоянии 500 м от источника выброса, при этом точность расчета концентрации

загрязняющего вещества должна соответствовать точности табличного значения его ПДК<sub>с.с.</sub>).

2. Отчет следует завершить выводами.

### **1.8. Краткая характеристика некоторых загрязняющих веществ**

**Акролеин** - бесцветная легколетучая жидкость с резким запахом. Образуется при неполном сгорании масел и содержится в основном в выхлопных газах автотранспорта. Акролеин обладает раздражающим и наркотическим действием.

**Металлы** представляют собой яды с индивидуальным токсическим действием. Например, медь вызывает головокружение, слабость, боль в мышцах, нарушения функций кроветворения. Свинец - политропный яд, аккумулирующийся в костях, отрицательно действующий на нервную систему и кровь.

**Окислы азота и серы** образуются при сжигании различных видов топлива. При вдыхании этих веществ в организме человека происходит соединение их с водой и переход в кислоты, которые оказывают раздражающее и прижигающее действие.

**Фенолы** - производные ароматических углеводородов. Фенол представляет собой бесцветные кристаллы с сильным запахом. Используется при производстве лекарственных веществ, красителей, синтезе органических соединений. Фенол - наркотический яд, действующий на центральную нервную систему и органы дыхания.

Таблица 1

**Значения коэффициента А для некоторых территорий**

Территория	Коэффициент А
Средняя Азия южнее 40° с.ш., Бурятская АССР, Читинская обл.	250
Россия южнее 50° с.ш., Сибирь, Дальний Восток, Казахстан	200
Европейская часть РФ и Урал от 50° до 52° с.ш.	180
Европейская часть РФ и Урал севернее 52 с.ш., Украина	160
Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области	140

Таблица 2

**Средняя суточная ПДК некоторых веществ в атмосфере**

Вещество	ПДК <sub>с.с.</sub> , мг/м <sup>3</sup>
акролеин	0,04
аммиак	0,04
анилин	0,03
ацетон	0,35

бензол	0,1
диоксид серы	0,05
диоксид углерода	3,0
зола	0,5
медь	0,002
никель	0,001
окислы азота	0,04
окись этилена	0,03
оксид углерода	1,0
пропилен	3,0
пыль	0,15
пыль цементная	0,01
ртуть металлическая	0,0003
сажа	0,05
свинец	0,0003
сероводород	0,008
спирт метиловый	0,5
спирт этиловый	5,0
фенол	0,003
формальдегид	0,003
хлор	0,03
хлористый водород	0.2

Таблица 3

### Характеристики предприятий

№ вари анта	Предприятие (условное название), вредное вещество	Высота трубы, м	Диаметр устья трубы, м	Температура ГВС, °С	Выброс вредного вещества, г/с
1	2	3	4	5	6
1	«АСТРА» акролеин окислы азота сажа свинец	11	0,6	95	2,2 1,7 1,! 0,8

2	«БАРЬЕР» акролеин ацетон фенол ртуть	44	1,1	90	12,0 2,7 7,7 0,4
3	«ВЕГА» диоксид серы оксид углерода сажа фенол	33	1,2	100	1,0 1,2 4,8 3,3
4	«ГЛОБУС» аммиак окислы азота сажа фенол	26	2,1	135	3,4 1,6 9,8 0,9
5	«ГРАНИТ» аммиак диоксид углерода зола формальдегид	25	1,0	130	2,9 3,9 3,6 1,8
6	«ЗАРЯ» ацетон ртуть фенол формальдегид	12	1,7	123	1,5 0,2 0,5 2,7
7	«ДИНАМО» акролеин окислы азота сажа ртуть	38	1,2	118	10 1,5 1,7 0,3
8	«КАЛИБР» ацетон диоксид серы зола фенол	21	1,6	115	2,2 1,6 4,1 1,0
9	«КВАРЦ» аммиак оксид углерода свинец формальдегид	35	1,3	130	3,9 1,5 1,2 2,6

10	«ЛУЧ» акролеин диоксид углерода зола оксид углерода	17	1,8	105	7,9 3,4 3,5 0,9
11	«МЕТЕОР» ацетон диоксид серы сажа свинец	46	1,5	112	2,4 2,1 2,0 1,5
12	«ОМЕГА» аммиак диоксид углерода ртуть формальдегид	19	0,9	120	2,9 3,9 0,4 2,1
13	«ПРОТОН» акролеин зола окислы азота фенол	31	1,2	125	6,3 5,4 2,0 2,6
14	«РЕСУРС» диоксид углерода диоксид серы оксид углерода свинец	23	1,9	105	3,5 2,0 1,8 1,3
15	«РУБИН» ацетон ртуть сажа формальдегид	33	1,1	140	3,1 0,3 12,7 3,0
16	«СИГМА» аммиак диоксид серы окислы азота фенол	24	1,4	ПО	3,1 1,8 1,8 2,9
17	«СПЕКТР» диоксид углерода зола сажа свинец	37	1,6	114	3,9 5,7 14,0 1,8

18	«ТИТАН» акролеин оксид углерода ртуть формальдегид	48	2,3	135	7,4 3,0 0,6 4,1
19	«ТОПАЗ» диоксид углерода окислы азота свинец фенол	27	1,2	97	3,1 2,2 1,4 2,5
20	«ФОТОН» аммиак диоксид серы зола оксид углерода	18	0,8	110	2,8 2,1 3,2 1,9

Примечания к таблице:

- 1) все предприятия расположены в г. Перми, имеют очистные и газоулавливающие сооружения;
- 2) перепад высот на территориях всех предприятий не превышает 50 м на 1 км.

## 2. Практическая работа № 2. Расчет предельно допустимых выбросов и минимальной высоты источника выбросов предприятий

Целью практической работы № 2 является ознакомление с методикой расчетов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ для предприятий с учетом фоновых концентраций и минимально допустимой высоты трубы  $H_{\min}$ . Работа является продолжением практической работы № 1, в описании которой имеются данные, необходимые для выполнения настоящей работы.

### 2.1. Расчет ПДВ и минимальной высоты источника выбросов предприятий

Расчеты ПДВ и  $H_{\min}$  выполняются, как правило, при проектировании предприятия и выборе места его расположения на местности с учетом технологического процесса и при планировании изменения технологического процесса, либо при изменении проектных мощностей.

При определении минимальной высоты источника выбросов и установлении предельно допустимых выбросов необходимо учитывать, что средняя суточная концентрация  $C_i$  каждого  $i$ -го вредного вещества в приземном слое атмосферы населенных пунктов не должна превышать его предельно допустимой концентрации ПДК<sub>*i*</sub> (см. значения ПДК<sub>с.с.</sub>, в таблице 2 практической работы № 1), т.е.

$$C_i \leq \text{ПДК}_i. \quad (15)$$

При наличии фонового загрязнения атмосферы (оно характеризуется значением  $C_{\phi}$ ), которое может возникнуть при расположении на данной территории функционирующих предприятий, уже выбрасывающих в атмосферу аналогичные вредные вещества, необходимо вместо  $C$  применять величину  $C + C_{\phi}$ , т.е.

$$C + C_{\phi} \leq \text{ПДК}. \quad (16)$$

**Примечание:** для зон курортов, мест размещения зон отдыха населения и других



территорий с повышенными требованиями к охране атмосферного воздуха вместо ПДК необходимо применять значение, равное 0,8 ПДК.

При расчете  $C_{\phi}$  необходимо определить все предприятия, выбрасывающие в атмосферу аналогичные вредные вещества, вычислить расстояние от их источников выбросов (труб) до места планируемого размещения предприятия, для которого устанавливается ПДВ, по методике ОНД-86, описанной в практической работе № 1, определить уровень концентрации вещества от имеющихся источников в районе размещаемого предприятия. Полученные значения концентрации для расчетных предприятий будут считаться фоновыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Для определения  $C$  следует провести расчеты  $C_m$  по методике ОНД-86, изложенной в практической работе № 1, и принять полученное значение за  $C$ . Необходимо, изменяя значение  $M$  в формуле (1) из описания практической работы № 1 (изменяя массу выбрасываемого в атмосферу вещества), добиться выполнения неравенства (2). Полученное значение выброса (г/сек или т/год) будет для планируемого предприятия предельно допустимым, то есть при размещении предприятия на данной территории с учетом уже имеющихся предприятий экологическая обстановка в любой точке территории при любых метеоусловиях будет пригодной для жизни людей.

Минимальная высота источника выбросов (трубы), рассчитываемая при проектировании предприятия:

$$H_{\min} = (A * M * F * D * \Gamma) [8V_1 * (\text{ПДК} - C_{\phi})]^{-3/4} \quad (17)$$

где  $A, D, F, \Gamma, V_1$  - параметры, описанные в практической работе № 1;

$M$  - объем выбросов, т.е. масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (используйте данные работы № 1 или примените значение ПДВ, рассчитанное при выполнении настоящей работы).

Примечания:

1. Если из источника выбрасывается несколько вредных веществ, то за высоту трубы должно приниматься наибольшее из значений  $H$ , которые определены для каждого вещества в отдельности.

2. Увеличение высоты трубы производится для обеспечения рассеивания с целью соблюдения величины ПДК в приземном слое атмосферы. При этом не допускается использование на энергетических объектах труб выше 250 м, а на других производствах - более 200 м. Если при расчетах получены значения, превышающие указанные, делается вывод о необходимости пересмотра технологического процесса с целью снижения выбросов в атмосферу, либо (при проектировании предприятия) изменения места расположения предприятия.

### **2.1. Задание по работе**

1) В варианте сочетания предприятий, указанном преподавателем, принять первое предприятие за уже функционирующее, а второе - за проектируемое. Определить для второго предприятия ПДВ и минимальную высоту трубы с учетом фоновой концентрации, создаваемой первым предприятием.

2) Расчет конкретного варианта выполнить по тем загрязняющим веществам, которые совпадают в выбросах обоих предприятий. Расстояние между 1-м и 2-м предприятиями принять условно равным 3000 м.

3) Сделать выводы на основе анализа полученных результатов.

4) Представить отчет по работе.

## 2.2. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо представить следующие данные:

- номер варианта с указанием сочетания названий предприятий;  
- результаты промежуточных расчетов с точностью не менее 3 знаков после запятой;

- конечные результаты.

2. Отчет следует завершить выводами.

## 2.3. Таблица вариантов для выполнения расчетов

Таблица 4

№ в-та	Сочетание названий предприятий	№ в-та	Сочетание названий предприятий
1	"АСТРА" + "ГЛОБУС"	11	"МЕТЕОР" + "КАЛИБР"
2	"БАРЬЕР" + "ЗАРЯ"	12	"ОМЕГА" + "РУБИН"
3	"ВЕГ А" + "МЕТЕОР"	13	"ПРОТОН" + "КАЛИБР"
4	"ГЛОБУС" + "ДИНАМО"	14	"РЕСУРС" + "ВЕГА"
5	"ГРАНИТ" + "ФОТОН"	15	"РУБИН" + "ЗАРЯ"
6	"ЗАРЯ" + "ТИТАН"	16	"СИГМА" + "ТОПАЗ"
7	"ДИНАМО" + "ПРОТОН"	17	"СПЕКТР" + "МЕТЕОР"
8	"КАЛИБР" + "ФОТОН"	18	"ТИТАН" + "РУБИН"
9	"КВАРЦ" + "РЕСУРС"	19	"ТОПАЗ" + "ГЛОБУС"
10	"ЛУЧ" + "СПЕКТР"	20	"ПРОТОН" + "РЕСУРС"

## 3. Практическая работа № 3. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий

Целью работы № 3 является определение границ санитарно-защитной зоны предприятия (СЗЗ) и графическое изображение контуров зоны в зависимости от розы ветров. Работа является продолжением практической работы №1, в описании которой имеются данные, необходимые для выполнения настоящей работы.

### 3.1. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий

Размеры СЗЗ в зависимости от розы ветров определяются по формуле

$$L = x * P / P_0,$$

где L - расстояние от источника выбросов до границы СЗЗ в рассчитываемом румбе (направлении ветра) розы ветров, м (значения L, как правило, различаются для ветров разных направлений);

x - расстояние до участка местности в данном направлении, где концентрация загрязняющего вещества равна 1 ПДК<sub>с.с.</sub> (рассчитывается при  $1 < x/x_{\max} \leq 8$ ), м;

P - среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба, %;

P<sub>0</sub> - повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %.

(Например, при восьмирумбовой розе ветров  $P_0 = 12,5 \%$ .)

**Примечание:** для Пермского края имеет место следующая повторяемость направлений ветров:

Ю - 20%;	С - 10 %;
Ю-В - 13%;	С-З - 11%;
В - 7%;	З - 13%;
С-В - 6 %;	Ю-З - 20%.

При расчетах следует оценить границу зоны, на которой уровень концентрации равен  $1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$ , для каждого из химических веществ, выбрасываемых точечными источниками данного предприятия.

Из полученных оценок выбрать наибольшую, приняв её за границу санитарно-защитной зоны предприятия.

### **3.2. Задание по работе**

1. Для источника выбросов Вашего предприятия (см. таблицу 3 работы №1) необходимо рассчитать расстояние до границы санитарно-защитной зоны, используя при этом восьмирумбовую розу ветров.

2. Расчеты выполнить для всех веществ, выбрасываемых указанным предприятием.

3. Результаты расчетов изобразить графически, отмерив в масштабе на векторах каждого направления ветра (Ю, Ю-В, В, С-В, С, С-З, З, Ю-З) расстояние, на котором достигается концентрация каждого из выбрасываемых веществ, равная  $1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$ . Полученные для каждого из веществ точки соединить замкнутой ломаной линией.

4. На чертеже, представляемом для отчета, следует показать окончательные контуры СЗЗ.

5. Сделать выводы по результатам данной работы. (Например, если выяснится, что максимально возможные концентрации выбрасываемых веществ  $C < 1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$ , делается заключение о том, что СЗЗ не нужна.)

6. Представить отчет по работе.

### **3.3. Требования к оформлению отчета**

1. В отчете необходимо представить следующие данные:

- наименование предприятия;
- характеристики его источника выбросов;
- результаты промежуточных расчетов;
- конечные результаты;
- выполненный в масштабе чертеж (рисунок) СЗЗ предприятия.

2. Отчет следует завершить выводами.

## **4. Практическая работа № 4. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов**

Под загрязнением окружающей среды понимают антропогенно обусловленные поступления в нее вещества и энергии, приводящие к ухудшению ее состояния с точки

зрения социально-экономических интересов общества.

Под экономическим ущербом, наносимым окружающей среде, понимают выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству загрязнением окружающей среды, и дополнительные затраты на компенсацию этих убытков. Экономический ущерб от загрязнения среды является комплексной величиной и складывается из ущербов, наносимых отдельным видам реципиентов в пределах зоны активного загрязнения. В качестве основных реципиентов рассматриваются: 3) население, 2) объекты жилищно-коммунального хозяйства, 3) сельскохозяйственные угодья, 4) лесные ресурсы, 5) рыбные ресурсы, 6) основные фонды.

Для определения ущерба используют как метод прямого счета, который требует множества исходных данных, получаемых путем инженерно-экономического обследования предприятия и зоны его влияния, так и метод укрупненного счета. В настоящей работе применяется второй метод.

Полный годовой экономический ущерб  $Y$  (руб.) от загрязнения определяется по формуле

$$Y = Y_{уд} * b * Q, \quad (18)$$

где  $Y_{уд}$  - удельный ущерб от загрязнения окружающей среды на единицу выбросов, руб./т;

$b$  - масса выбросов на единицу продукции, т/т;

$Q$  - годовой выпуск продукции, т (например, металла -  $Q_M$ ).

Для отдельного предприятия экономический ущерб рассчитывается по формуле

$$Y_{гр} = Y_{атм} * k_1 + Y_{в} * k_2 + Y_{зем} * k_3 + Y_{н} * k_4, \quad (19)$$

где  $Y_{гр}$  - экономический ущерб от всех видов загрязнения, поступающих в природную среду от предприятия (или отдельного источника), руб./год;

$Y_{атм}$  - удельный экономический ущерб, причиняемый годовым выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух, руб./год;

$Y_{в}$  - удельный экономический ущерб, причиняемый годовым сбросом загрязняющих веществ в водоемы, руб./год;

$Y_{зем}$  - удельный экономический ущерб от годового нарушения и загрязнения земельных ресурсов, руб./год;

$Y_{н}$  - удельный экономический ущерб от годового нарушения и загрязнения недр, руб./год;

$k_1, k_2, k_3, k_4$  - поправочные коэффициенты на степень достоверности укрупненного метода, определяются в каждой из сфер природоохранной деятельности как соотношение между показателем ущерба, определенного методом укрупненного счета, и показателем ущерба, определенного методом прямого счета.

#### 4.1. Экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферы

Экономическая оценка методом укрупненного счета удельного ущерба  $Y_{атм}$  (руб./год), причиняемого выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух, для всякого источника определяется по формуле

$$Y_{атм} = \gamma * \sigma \sum_{i=1}^N (f_i * M_i, *), \quad (20)$$

где  $\gamma$  - константа, численное значение которой равно 0,24 руб./условная т

(эта константа может меняться в зависимости от изменения цен);

$\sigma$  - коэффициент относительной опасности, зависящий от типа загрязняемой территории (а определяется в соответствии с пунктом 4.2 описания настоящей работы);

$f_i$  - безразмерный множитель, учитывающий характер рассеивания загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосфере ( $f$ , определяется согласно пункту 4.3 описания);

$M_j^*$  - приведенная масса годового выброса загрязняющего вещества  $i$ -го вида, условная т/год ( $M_j^*$  определяется в соответствии с пунктом 4.4 описания);

$N$  - количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ.

#### 4.2. Определение $\sigma$

Величина  $\sigma$  определяется по таблице и зависит от размеров и типа зоны активного загрязнения (ЗАЗ). Если ЗАЗ неоднородна и состоит из территорий различного типа, которым по таблице 5.6 соответствуют разные значения  $\sigma$ , то фактическое (полное)  $\sigma$  вычисляется по формуле

$$\sigma = (1/W_{\text{заз}}) \sum_{j=1}^L (W_j * \sigma_j) \quad (21)$$

где  $W_{\text{ЗАЗ}}$  - общая площадь ЗАЗ, га;  $W_j$  - площадь  $J$ -той части ЗАЗ, га;  $L$  - количество типов территорий, попавших в ЗАЗ.

#### 4.3. Определение $f_i$

$f_i$  - поправка, учитывающая характер рассеивания загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосфере. Ее величина зависит от скорости оседания частиц, высоты их выбросов от поверхности земли, температуры выбрасываемой газо-аэрозольной смеси.

1. Для газообразных загрязняющих веществ и легких мелкодисперсных веществ со скоростью оседания менее 1 см/с (акролеин, аммиак, диоксид серы, окислы азота, окислы углерода, фенол, формальдегид и др.)

$$f_i = 4(1 + u)^{-1} 100(100 + z * H)^{-1} \quad (22)$$

где  $H$  - геометрическая высота источника выбросов, м;

$u$  - скорость ветра, м/с (если значение и неизвестно, то принимают  $u = 3$  м/с);

$z$  - поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосфере, которая рассчитывается по формуле

$$z = 1 + \Delta T / 75, \quad (23)$$

где  $\Delta T$  - разность между температурой в устье источника и средней температурой атмосферного воздуха в самое жаркое время года.

(Для Перми  $T_{\text{средн.}} = 23,4$  °С. Информацию о характеристиках источника выбросов следует взять из описания практической работы № 1).

2. Для частиц, оседающих со скоростью от 1 до 20 см/с (ацетон, металлы, их окислы и др.),

$$f_i = 4(1 + u)^{-1} [1000 / (60 + z * H)]^{1/2}. \quad (24)$$

3. Для частиц, оседающих со скоростью выше 20 см/с (зола, пыль, сажа и др.),

$$f_i = 10. \quad (25)$$

#### 4.4. Определение $M_i^*$

Приведенная масса годового выброса загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосферу  $M_i^*$  определяется по формуле

$$M_i^* = a_i * m_i, \quad (26)$$

где  $a_i$  - безразмерный показатель относительной агрессивности загрязняющего вещества  $i$ -го вида - рассчитывается по формуле

$$a_i = \text{ПДК}(\text{CO}_2) / \text{ПДК}_i; \quad (27)$$

$m_i$  - масса годового выброса загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосферу, т/год;

$\text{ПДК}(\text{CO}_2)$  - предельно допустимая среднесуточная концентрация  $\text{CO}_2$ , в атмосфере, принимаемая за эталон и равная  $3 \text{ мг/м}^3$ ;

$\text{ПДК}_i$  - предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосфере (см. таблицу ПДК<sub>с.с.</sub> вредных веществ в описании практической работы № 1).

#### 4.5. Задание по работе

1) Для предприятия, указанного преподавателем, рассчитать экономический ущерб, причиняемый выбросами в атмосферу загрязняющих веществ.

2) При выполнении расчета считать, что указанное предприятие расположено на территории г. Перми.

3) Представить отчет по работе.

#### 4.6. Требования к оформлению отчета:

В отчете необходимо привести следующие данные:

- номер варианта с указанием названия предприятия;
- результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой;
- конечные результаты в виде двух таблиц: первая характеризует г. Пермь с помощью проведенных расчетов, вторая - указанное предприятие.

#### 4.7. Приложение

Таблица 5

#### Характеристики г. Перми

Характеристика	Числовое значение
Количество жителей	990200 человек
Общая площадь	799,68 км <sup>2</sup>
Типы территорий:	
населенные места	10,8%
территории промышленных предприятий	11,4%
городские леса:	42,4%
леса 1-й группы	18,1%
леса 2-й группы	24,3%
водоемы	7,6%
пригородные зоны отдыха, садовые и дачные участки	0,9%
сады	3%

Значения  $\sigma_i$ , в зависимости от типа территории

Тип территории	$\sigma_i$
Курорты, санатории, заповедники	10
Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные участки	8
Населенные места с плотностью населения п чел./га	(0,1 га/чел.) *n
Территории промышленных предприятий	4
Пашни	0,25
Сады	0,5
Пастбища, сенокосы	0,05
Леса: 1-й группы	0,2
2-й группы	0,1
3-й группы	0,025

## II. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

## 1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов

Предприятие: «ЭТАЛОН».

## 1. Характеристики предприятия:

Таблица 1

№ п/п	Условное название предприятия, вредное вещество	Высота трубы, м	Диаметр трубы, м	Температура ГВС, °С	Выброс вредного вещества, г/с
1	2	3	4	5	6
21	«ЭТАЛОН» зола окислы азота фенол ртуть	29	1,4	87	0,2 2,5 0,8 0,3

## 2. Определение максимальной концентрации вредных веществ в атмосфере:

Из описания работы следует, что  $A = 160$ ,  $F = 1$ ,  $\Gamma = 1$ .

$$\Delta T = 87 - 23,4 = 63,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$V_1 = 0,785 * 1,4^2 * 7 = 10,770.$$

$$r = 1000 * 7^2 * 1,4 * 29^{-2} * 63,6^{-1} = 1,283;$$

$$r < 100.$$

$$q = 0,65 \cdot (10,770 \cdot 63,6/29)^{1/3} = 1,865; \quad 0,5 < q < 2.$$

$$m = (0,67 + 0,1 \cdot 1,283^{1/2} + 0,34 \cdot 1,283^{1/3})^{-1} = 0,868.$$

$$n = 0,532 \cdot 1,865^2 - 2,13 \cdot 1,865 + 3,13 = 1,008.$$

$$C_{\max} = 160 \cdot M \cdot 1 \cdot 0,868 \cdot 1,008 \cdot 29^{-2} \cdot (10,770 \cdot 63,6)^{-1/3} = 0,02M.$$

$$C_{\max} (\text{зола}) = 0,02 \cdot 0,2 = 0,004 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max} (\text{окислы азота}) = 0,02 \cdot 2,5 = 0,05 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max} (\text{фенол}) = 0,02 \cdot 0,8 = 0,016 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max} (\text{ртуть}) = 0,02 \cdot 0,3 = 0,006 \text{ мг/м}^3.$$

3. Определение расстояния от источника выбросов, на котором достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества:

Так как  $r < 100$ ,  $0,5 < q < 2$ , то

$$k = 4,95 \cdot 1,865 \cdot (1 + 0,28 \cdot 1,283^{1/3}) = 12,041;$$

$$x_{\max} = 0,25 \cdot (5 - 1) \cdot 12,041 \cdot 29 = 349,189 \text{ м}; \quad x_{\max} \approx 349,2 \text{ м}.$$

4. Определение метеорологических условий, при которых может быть достигнута максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе:

Так как  $r < 100$ ,  $0,5 < q < 2$ , то  $U_{\max} = 1,865$ ;  $U_{\max} \approx 1,9 \text{ м}.$

5. Определение концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на заданном расстоянии от источника выбросов:

$$\alpha = 500/349,2 = 1,432.$$

$$S_i = 1,13 \cdot (0,13 \cdot 1,432^2 + 1)^{-1} = 0,892, \text{ так как } 1 < \alpha < 8.$$

Концентрацию каждого загрязняющего вещества  $C_{500}$  на расстоянии 500 м от источника выбросов следует рассчитать с той же точностью, с какой приведено соответствующее значение ПДК<sub>с.с.</sub> в Приложении. (В том случае, когда математические порядки чисел значений ПДК<sub>с.с.</sub> и  $C_{500}$  значительно различаются, необходимо привести числовое значение  $C_{500}$  с точностью до 1-й округленной значащей цифры. В частности, в данном примере для золы ПДК<sub>с.с.</sub> равно 0,5 мг/м<sup>3</sup>, а рассчитанное с помощью калькулятора значение  $C_{500}$  равно 0,003568 мг/м<sup>3</sup>. Следовательно, в отчете необходимо привести значение  $C_{500}$ , равное 0,004 мг/м<sup>3</sup>.)

$$C_{500} (\text{зола}) = 0,892 \cdot 0,004 = 0,0036 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{500} (\text{окислы азота}) = 0,892 \cdot 0,05 = 0,045 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{500} (\text{фенол}) = 0,892 \cdot 0,016 = 0,014 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{500} (\text{ртуть}) = 0,892 \cdot 0,006 = 0,0054 \text{ мг/м}^3.$$

Для каждого загрязняющего вещества следует рассчитать величину отношения его концентрации на расстоянии 500 м от источника выбросов к ПДК<sub>с.с.</sub>. Результат необходимо привести с точностью до 1-го знака после запятой (или с точностью до первой значащей цифры после запятой в случае, если отношение меньше единицы):



зола:	$C_{500}/\text{ПДК}_{\text{с.с}} = 0,0036/0,5 = 0,0072;$
окислы азота	$C_{500}/\text{ПДК}_{\text{с.с}} = 0,045/0,04 = 1,125;$
фенол:	$C_{500}/\text{ПДК}_{\text{с.с}} = 0,014/0,003 = 4,7;$
ртуть:	$C_{500}/\text{ПДК}_{\text{с.с}} = 0,0054/0,0003=18.$

Отчет по работе представляется в виде таблицы и выводов.

Таблица результатов, полученных при выполнении работы

Вариант 21. Предприятие «ЭТАЛОН»				
Вещество (ПДК <sub>с.с.</sub> , мг/м <sup>3</sup> )	M, г/с	C <sub>max</sub> , мг/м <sup>3</sup>	C <sub>500</sub> , мг/м <sup>3</sup>	C <sub>500</sub> /ПДК <sub>с.с.</sub>
зола (0,5)	0,2	0,004	0,0036	0,0072
окислы азота (0,04)	2,5	0,05	0,045	1,125
фенол (0,003)	0,8	0,016	0,014	4,7
ртуть (0,0003)	0,3	0,006	0,0054	18
H = 29м; D=1,4м; T = 87°С; ΔT = 63,6°С; V <sub>1</sub> = 10,770; r = 1,283; q = 1,865; m = 0,868; n = 1,008; C <sub>max</sub> = 0,02М; k = 12,041; x <sub>max</sub> = 349,2 м; U <sub>max</sub> ≈ 1,9 м/с; a = 1,452; S <sub>1</sub> = 0,892;				

Выводы:

1. Анализ полученных результатов показал, что на расстоянии 500 м от источника выбросов уровень загрязнения приземного слоя атмосферы предприятием «ЭТАЛОН» составляет по золе 0,0072 ПДК<sub>с.с.</sub>, окислами азота 1,125 ПДК<sub>с.с.</sub>, по фенолу - 4,7 ПДК<sub>с.с.</sub>, по ртути - 18 ПДК<sub>с.с.</sub>.

2. Для улучшения экологической ситуации на прилегающей территории можно рекомендовать предприятию «ЭТАЛОН» выполнение технических мероприятий по улучшению работы системы очистки газоаэрозольных выбросов, изменение технологических процессов с целью уменьшения выбросов окислов азота, фенола и ртути.

## 2. Расчет предельно допустимых выбросов и минимальной высоты источника выбросов предприятия

Предприятия: «ЭТАЛОН» + «ДИНАМО».

1. На расстоянии 3000 м от действующего предприятия «ЭТАЛОН» планируется построить предприятие «ДИНАМО».

2. Характеристики предприятий:

№ п/п	Условное название предприятия, вредное вещество	Высота трубы, м	Диаметр трубы, м	Температура ГВС, °С	Выброс вредного вещества, г/с
1	2	3	4	5	6
21	«ЭТАЛОН» зола окислы азота фенол ртуть	29	1,4	87	0,2 2,5 0,8 0,3
7	«ДИНАМО» акролеин окислы азота ртуть сажа	38	1,2	118	10,0 1,5 0,3 1,7

Из характеристик предприятий следует, что каждое из предприятий выбрасывает окислы азота и ртуть.

3. Вначале необходимо рассчитать фоновые концентрации совпадающих загрязнителей (окислов азота и ртути), выбрасываемых предприятием «ЭТАЛОН», на расстоянии 3000 м. При этом, в зависимости от полученных результатов, возможны две разные ситуации:

- фоновая концентрация одного из двух (или обоих) загрязнителей на расстоянии 3000 м от предприятия «ЭТАЛОН» превышает (или равна) соответствующее значение ПДК<sub>сс</sub>. В этом случае нет необходимости производить последующие расчеты, и делается окончательный вывод о невозможности строительства предприятия «ДИНАМО», так как в результате выбросов предприятия «ЭТАЛОН» на указанном расстоянии уже имеет место превышение ПДК<sub>сс</sub> (или равенство ПДК<sub>сс</sub> единице); выполняется неравенство  $C_{\phi} < \text{ПДК}_{\text{сс}}$ . В этом случае следует продолжить исследование.

С помощью формул (12, 13) из описания практической работы № 1 производится расчет фонового загрязнения за счет выбросов предприятия «ЭТАЛОН» на расстоянии 3000 м:

$$\alpha = 3000/349,2 = 8,591, \quad \alpha > 8;$$

$$S_1 = 8,591 * (3,58 * 8,591^2 + 35,2 * 8,591 + 120)^{-1} = 0,013;$$

$$C_{\phi} (\text{окислы азота}) = C_{3000} (\text{окислы азота}) = 0,013 * 0,05 = 0,00065 \text{ мг/м}^3 < \text{ПДК}_{\text{сс}};$$

$$C_{\phi} (\text{ртуть}) = C_{3000} (\text{ртуть}) = 0,013 * 0,006 = 0,000078 \text{ мг/м}^3 < \text{ПДК}_{\text{сс}}.$$

Предварительный вывод: строительство предприятия «ДИНАМО» планировать можно. Необходимо продолжить исследование ситуации.

4. Требуется рассчитать значения ПДВ окислов азота и ртути для предприятия «ДИНАМО» при условии

$$C \leq \text{ПДК}_{\text{сс}} - C_{\phi}.$$

$$C_{\max} (\text{окислы азота}) = 0,04 - 0,00065 = 0,03935 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max} (\text{ртуть}) = 0,0003 - 0,000078 = 0,000222 \text{ мг/м}^3;$$

определяются параметры предприятия «ДИНАМО», необходимые для последующего расчета:

$$A = 160; \quad F=1; \quad \Gamma=1; \quad H = 38\text{м};$$

$$\Delta T = 94,6^\circ\text{C}; \quad V_1 = 7,913; \quad m = 1,008; \quad n = 1,03;$$

для расчета ПДВ используется формула (1) из описания практической работы № 1 (с заменой M на ПДВ):

$$\text{ПДВ (окислы азота)} =$$

$$= 0,03935 * 38^2 * (7,913 * 94,6)^{1/3} * (160 * 1 * 1,008 * 1,03 * 1)^{-1} = 3,19 \text{ г/с};$$

$$\text{ПДВ (ртуть)} = 0,000222 * 38^2 * (7,913 * 94,6)^{1/3} * (160 * 1 * 1,008 * 1,03 * 1)^{-1} = 0,018 \text{ г/с}.$$

Предварительные выводы:

- предприятие «ДИНАМО» выбрасывает в атмосферу 1,5 г/с окислов азота, что не превышает значение ПДВ для загрязнителя: M/ПДВ - 0,47;

- предприятие «Динамо» выбрасывает в атмосферу 0,3 г/с ртути, что превышает значение ПДВ для данного загрязнителя: M/ПДВ = 16,7;

- необходимо продолжить исследование ситуации, так как увеличение высоты трубы в итоге должно привести к выполнению неравенств (1) и (2) для ртути, выбрасываемой предприятием «ДИНАМО».

5) Расчет минимальной высоты трубы предприятия «ДИНАМО», при которой неравенства (1) и (2) выполняются, следует производить с помощью формулы (3) из описания настоящей работы:

$$H_{\min} (\text{окислы азота}) = (94,6 * 7,913)^{-1/6} * (160 * 1,5 * 1 * 1,008 * 1,03 * 1 / 0,03935)^{1/2} = 26,4 \text{ м};$$

$$H_{\min} (\text{ртуть}) = (94,6 * 7,913)^{-1/6} * (160 * 0,3 * 1 * 1,008 * 1,03 * 1 / 0,000222)^{1/2} = 352 \text{ м}.$$

### Оформление расчетов по работе

Таблица результатов, полученных при выполнении работы.

Вариант 21. «ЭТАЛОН» + «ДИНАМО»					
Вещество	$C_{\text{ф}}$ , мг/м <sup>3</sup>	$C_{\text{макс}}$ , мг/м <sup>3</sup>	ПДВ, г/с	M/ПДВ	$H_{\min}$ , М
окислы азота	0,00063	0,03935	3,19	0,47	26,4
ртуть	0,000078	0,000222	0,018	16,7	352
«ЭТАЛОН» $\alpha = 8,591$ ; $S_i = 0,013$ .	«ДИНАМО» $\Delta T = 94,6^\circ\text{C}$ ; $V_1 = 7,913$ ; $m = 1,008$ ; $n = 1,03$ ; $M (\text{окислы азота}) = 1,5 \text{ г/с}$ ; $M (\text{ртуть}) = 0,3 \text{ г/с}$				

Выводы:

1. ПДВ окислов азота для проектируемого предприятия «ДИНАМО» при высоте трубы 38 м составляет 3,19 г/с, планируемый выброс равен 1,5 г/с, что составляет 0,47 ПДВ.

2. ПДВ ртути для проектируемого предприятия «ДИНАМО» при высоте трубы 38 м составляет 0,018 г/с, планируемый выброс равен 0,3 г/с, то есть превышает ПДВ в

16,7 раза.

3. При выбросе только окислов азота минимальную высоту трубы проектируемого предприятия «ДИНАМО» можно уменьшить до 26,4 м. Для снижения концентрации ртути в атмосферном воздухе-до значения, равного или меньшего ПДК<sub>с.с.</sub>, необходимо увеличить высоту трубы проектируемого предприятия «ДИНАМО» до 352 м

5. Строительство предприятия «ДИНАМО» не возможно, так как в конечном итоге минимальная высота трубы составляет 352 м, что превышает максимально допустимой для предприятий (200-250 м).

### 3. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятия

Предприятие «ЭТАЛОН»

Для нахождения величины  $x$  при условии  $1 < x/x_{\max} \leq 8$  следует использовать формулу (13) из описания практической работы №1. После выполнения необходимых преобразований выражение для  $x$  приобретает вид:

$$x = 2,77x_{\max}(1,13C_{\max}/C^*-1)^{1/2},$$

где  $C^* = 1$  ПДК<sub>с.с.</sub>

Определяется значение величины  $x$  для каждого из четырех загрязняющих веществ:

$$x (\text{зола}) = 2,77*349,2*(1,13*0,004/0,5 - 1)^{1/2} = ?$$

**Внимание:** если в выражении для вычисления  $x$  результат в круглых скобках оказывается отрицательным или равным нулю, то это означает, что для данного загрязняющего вещества на любом расстоянии от источника выбросов (трубы предприятия) не достигается концентрация, превышающая ПДК<sub>с.с.</sub>, и, следовательно, устанавливать санитарно-защитную зону по этому загрязнителю не требуется.

$$x (\text{окислы азота}) = 2,77*349,2*(1,13*0,05/0,04 - 1)^{1/2} = 621,25 \text{ м};$$

$$x (\text{фенол}) = 2,77*349,2*(1,13*0,016/0,003 - 1)^{1/2} = 2168,673 \text{ м};$$

$$x (\text{ртуть}) = 2,77*349,2*(1,13*0,006/0,0003 - 1)^{1/2} = 4495,53 \text{ м}$$

Из сравнения численных значений величины  $x$  для загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием «ЭТАЛОН», следует, что наибольшее значение величины  $x$  относится к ртути. Следовательно, окончательные размеры санитарно-защитной зоны предприятия «ЭТАЛОН» будут определяться выбросами ртути.

Рассчитывается соотношение  $P/P_0$  для каждого из восьми румбов:

$$P_{\text{Ю}}/P_0 = 20/12,5 = 1,6; \quad P_{\text{С}}/P_0 = 10/12,5 = 0,8;$$

$$P_{\text{Ю-В}}/P_0 = 13/12,5 = 1,04; \quad P_{\text{С-З}}/P_0 = 11/12,5 = 0,88;$$

$$P_{\text{В}}/P_0 = 7/12,5 = 0,56; \quad P_{\text{З}}/P_0 = 13/12,5 = 1,04;$$

$$P_{\text{С-В}}/P_0 = 6/12,5 = 0,48; \quad P_{\text{Ю-З}}/P_0 = 20/12,5 = 1,6.$$

Значения величины  $L$  определяются в соответствии с расчетной формулой, помещенной в описании настоящей работы:  $L$

$$L_{\text{Ю}} (\text{ртуть}) = 4495,53*1,6 = 7192,848 \text{ м};$$

$$L_{\text{Ю-В}} (\text{ртуть}) = 4495,53*1,04 = 4675,3512 \text{ м};$$

$$L_{\text{В}} (\text{ртуть}) = 4495,53*0,56 = 2517,4968 \text{ м};$$

$$L_{C-B} (\text{ртуть}) = 4495,53 * 0,48 = 2157,8544 \text{ м};$$

$$L_C (\text{ртуть}) = 4495,53 * 0,8 = 3596,424 \text{ м};$$

$$L_{C-3} (\text{ртуть}) = 4495,53 * 0,88 = 3956,0664 \text{ м};$$

$$L_3 (\text{ртуть}) = 4495,53 * 1,04 = 4675,3512 \text{ м};$$

$$L_{Ю-3} (\text{ртуть}) = 4495,53 * 1,6 = 7192,848 \text{ м};$$

В заключение на основании полученных результатов выполняется в масштабе чертеж (рисунок) санитарно-защитной зоны предприятия «ЭТАЛОН».

### Оформление расчетов по работе

Таблица результатов, полученных при выполнении работы.

Вариант № 21. Предприятие «ЭТАЛОН».				
Характеристика	Загрязняющее вещество			
	зола	окислы азота	фенол	ртуть
ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,5	0,04	0,003	0,0003
C <sub>max</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,004	0,05	0,016	0,006
X <sub>max</sub> , м	349,2	349,2	349,2	349,2
X, м	-	621,25	2168,673	4495,53
L <sub>Ю</sub> , м				7192,848
L <sub>Ю-В</sub> , м				4675,3512
L <sub>В</sub> , м				2517,4968
L <sub>С-В</sub> , м				2157,8544
L <sub>С</sub> , м				3596,424
L <sub>С-3</sub> , м				3956,0664
L <sub>3</sub> , м				4675,3512
L <sub>Ю-3</sub> , м				7192,848
$P_{Ю}/P_0=1,6;$ $P_{Ю-В}/P_0=1,04;$ $P_В/P_0=0,56;$ $P_{С-В}/P_0=0,48;$ $P_С/P_0=0,8;$ $P_{С-3}/P_0=0,88;$ $P_3/P_0=1,04;$ $P_{Ю-3}/P_0=1,6.$				

Чертеж (рисунок) санитарно-защитной зоны предприятия «ЭТАЛОН» в масштабе: .....

Вывод: размеры санитарно-защитной зоны предприятия «ЭТАЛОН» определяются выбросами ртути, т.к. по результатам расчета, выбросы ртути в атмосферный воздух распространяются на наибольшее расстояние от источника.

### 4. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов

Предприятие «ЭТАЛОН».

#### 1. Определение $\sigma$

Определяются размеры площадей, занимаемых различными типами территорий города, и значения  $\sigma$ ;

населенные места –  $W_1 = 0,108 \cdot 799,68 = 86,3 \text{ км}^2$ ,  
 следовательно, средняя плотность населенных мест г. Перми  
 $n = 990200/8630 \text{ га} = 114,74 \text{ чел./га}$  и  $\sigma_1 = 0,1 \cdot 114,74 = 11,474$ ;  
 территории промышленных предприятий -  
 $W_2 = 0,114 \cdot 799,68 = 91 \text{ км}^2$ ,  $\sigma_2 = 4$ ;  
 леса 1-й группы –  $W_3 = 0,181 \cdot 799,68 = 144,7 \text{ км}^2$ ,  $\sigma_3 = 0,2$ ;  
 леса 2-й группы –  $W_4 = 0,243 \cdot 799,68 = 194 \text{ км}^2$ ,  $\sigma_4 = 0,1$ .  
 пригородные зоны отдыха, садовые и дачные участки –  
 $W_5 = 0,009 \cdot 799,68 = 7,2 \text{ км}^2$ ,  $\sigma_5 = 8$ ;  
 сады -  $W_6 = 0,03 \cdot 799,68 = 24 \text{ км}^2$ ,  $\sigma_6 = 4$ ;

Рассчитывается значение коэффициента  $\sigma$ :

$$\sigma = (1/799,68) \cdot (86,3 \cdot 11,474 + 91 \cdot 4 + 144,7 \cdot 0,2 + 194 \cdot 0,1 + 7,2 \cdot 8 + 24 \cdot 0,5) = 1,84.$$

2) Определение  $f_i$ ,

$$f_1 (\text{зола}) = 10;$$

$$f_2 (\text{окислы азота}) = f_3 (\text{фенол}) = 4 \cdot (1 + 3)^{-1} \cdot 100 \cdot [100 + (1 + 63,6/75) \cdot 29]^{-1} = 0,651;$$

$$f_4 (\text{ртуть}) = 4 \cdot (1 + 3)^{-1} \cdot \{1000 / [60 + (1 + 63,6/75) \cdot 29]\}^{1/2} = 2,967.$$

3) Определение  $M_i^*$

Рассчитываются показатели  $a_i$ :

$$a_1 (\text{зола}) = 3/0,5 = 6; \quad a_2 (\text{окислы азота}) = 3/0,04 = 75;$$

$$a_3 (\text{фенол}) = 3/0,003 = 1000; \quad a_4 (\text{ртуть}) = 3/0,0003 = 10000.$$

Рассчитываются значения  $m_i$  (1 год = 31536000 с):

$$m_1, (\text{зола}) = 0,2 \cdot 31536000 = 6307200 \text{ г/с} = 6,307 \text{ т/год};$$

$$m_2 (\text{окислы азота}) = 2,5 \cdot 31536000 \text{ г/с} = 78,840 \text{ т/год};$$

$$m_3 (\text{фенол}) = 0,8 \cdot 31536000 \text{ г/с} = 25,229 \text{ т/год};$$

$$m_4 (\text{ртуть}) = 0,3 \cdot 31536000 \text{ г/с} = 9,461 \text{ т/год}.$$

Рассчитываются значения  $M_i^*$ :

$$M_1^* (\text{зола}) = 6 \cdot 6,307 = 37,842 \text{ усл. т/год};$$

$$M_2^* (\text{окислы азота}) = 75 \cdot 78,840 = 5913,000 \text{ усл. т/год};$$

$$M_3^* (\text{фенол}) = 1000 \cdot 25,229 = 25229,000 \text{ усл. т/год};$$

$$M_4^* (\text{ртуть}) = 1000 \cdot 9,461 = 94610,000 \text{ усл. т/год}.$$

В заключение определяется величина экономического ущерба:

$$Y_{\text{атм}} = 0,24 \cdot 1,84 \cdot (10 \cdot 37,842 + 0,651 \cdot 5913,000 + 0,651 \cdot 25229,000 + 2,967 \cdot 94610,000) = 133080,5 \text{ руб.}$$

### Оформление расчетов по работе

Отчет по работе представляется в виде двух таблиц

Таблица 2

### Характеристики г. Перми

Тип территории	$W_j, \text{км}^2$	$\sigma_i$
населенные места	86,3	11,474
территории промышленных предприятий	91	4
леса 1-й группы	144,7	0,2
леса 2-й группы	194	0,1
пригородные зоны отдыха, садовые и дачные участки	7,2	8
сады	24	0,5

Таблица 3

### Характеристики предприятия

Вариант 21 - предприятие «ЭТАЛОН»				
Загрязняющее вещество	Характеристика			
	$f_i$	$a_i$	$m_i, \text{т/год}$	$M_i^*, \text{УСЛ.т/год}$
Зола	10	6	6,307	37,842
Окислы азота	0,651	75	78,840	5913,000
Фенол	0,651	1000	25,229	25229,000
Ртуть	2,967	10000	9,461	94610,000
$Y_{\text{атм}} = 133080,5 \text{ руб.}$				