

# **1 Лабораторная работа № 1. Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия и города**

## **Цель работы**

Овладение методикой комплексной оценки качества атмосферы промышленного предприятия и города.

### **1.1 Общие положения**

В настоящее время известно немало различных подходов и показателей, применяемых для оценки загрязненности атмосферного воздуха. Для оценки степени загрязнения атмосферы, средние и максимальные концентрации веществ относят к величине средней (максимальной) концентрации вещества – токсиканта или к санитарно-гигиеническому нормативу, например, к предельно допустимой концентрации (ПДК).

Нормированные характеристики загрязнения атмосферы иногда называют индексом загрязнения атмосферы ИЗА, который является комплексной оценкой влияния вредных веществ на окружающую среду.

Такие характеристики не дают полного представления о характере загрязнения атмосферы городов, а также не учитывают суммарного загрязнения атмосферного воздуха, класса опасности вредных веществ, характера комбинированного действия вредных примесей, совместно присутствующих в воздухе.

Для оценки степени воздействия крупных и мелких предприятий на атмосферу города используют категорию опасности предприятия (КОП), которая оценивает объем воздуха, необходимый для разбавления выбросов ( $M_i$ )  $i$ -го вещества над территорией предприятия до уровня ПДК <sub>$i$</sub> . В свою очередь, качество атмосферы города можно оценить через категорию опасности города (КОГ), физический смысл которой заключается в некотором условном объеме загрязненного воздуха от всех предприятий города, который разбавлен до ПДК и приведен к одной токсичности.

## **1.2 Расчет загрязнения атмосферы выбросами от промышленных предприятий**

### **1.2.1 Расчет категорий опасности предприятия и города**

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$КОП = \sum_{i=1}^m КОВ_i = \sum_{i=1}^m \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (1.1)$$

где  $m$ —количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;

$КОВ_i$  — категория опасности  $i$ -го вещества,  $м^3/с$ ;

$M_i$ —масса выбросов  $i$ -ой примеси в атмосферу,  $мг/с$ ;

$ПДК_i$ —среднесуточная ПДК  $i$ -го вещества в атмосфере населенного пункта,  $мг/м^3$ ;

$\alpha_i$ —безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности  $i$ -го вещества с вредностью диоксида серы (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Значения коэффициента  $\alpha_i$  для загрязняющих веществ разных классов опасности

Класс опасности вещества	1	2	3	4
$\alpha_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Значения КОП рассчитывают при условии, когда  $\frac{M_i}{ПДК_i} > 1$ . При

$\frac{M_i}{ПДК_i} < 1$  значения КОП не рассчитываются и приравниваются к нулю.

Для расчета КОП при отсутствии  $ПДК_{сс}$  используют значения  $ПДК_{мр}$ , ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ, значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с граничными условиями, приведенными в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Граничные условия для деления предприятий по категории опасности

Категория опасности предприятия	Значения КОП
I	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
II	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
III	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
IV	$< 31,7 \cdot 10^3$

### 1.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя исходное задание (из приложения А), формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

- 1) расчет КОП, таблицу с результатами по ранжированию выбросов предприятий по КОВ и массе выбросов;

Таблица 1.3 - Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/год	%		
Диоксид азота				
Диоксид серы				
Оксид углерода				
Пыль				
Всего				

Таблица 1.4 - Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значения КОВ		Ранг
	м <sup>3</sup> /с	%	
Суммарный по предприятию			
Диоксид азота			
Диоксид серы			
Пыль			
Оксид углерода			

- 2) выводы.

### 1.4 Контрольные вопросы

1. Каковы основные источники загрязнения воздуха, их ранжирование?
2. Дать определение понятиям: загрязнение и мониторинг.
3. Каковы основные эколого-экономические последствия загрязнения атмосферы оксидами азота и серы?
4. Что такое комплексная оценка качества атмосферного воздуха?
5. Какие существуют критерии и параметры для оценки качества воздушной среды? Чем отличаются критерии от параметров?
6. Какова основная тенденция загрязнения атмосферы оксидами азота?
7. Каковы основные методы уменьшения масштабов загрязнения атмосферы оксидами азота, серы?

8. Дать определение комплексным показателям качества атмосферы (КОВ и КОП).

### 1.5 Пример расчета

Исходные данные:

Таблица 1.5- Количество выбросов загрязняющих веществ

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/год	%		
Диоксид азота	3,521	16,46	3	Комбикормовый завод
Диоксид серы	1,136	5,31	4	
Оксид углерода	12,643	59,1	1	
Пыль	4,092	19,13	2	
Всего	21,392	100		

Таблица 1.6 -  $ПДК_{cc}$  и класс опасности для используемых загрязнителей

Показатель	$ПДК_{cc}$ , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Диоксид азота	0,04	2
Сероводород	0,008	2
Диоксид серы	0,05	3
Пыль	0,15	3
Оксид углерода	3	4

Выполнение:

$$KOB_{NO_2} = \left( \frac{3,521 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 30700 = 3,07 \cdot 10^4 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{SO_2} = \left( \frac{1,136 \cdot 31,7}{0,05} \right)^{1,0} = 720,2 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{пыль} = \left( \frac{4,092 \cdot 31,7}{0,15} \right)^{1,0} = 866,7 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{CO} = \left( \frac{12,643 \cdot 31,7}{3} \right)^{0,9} = 81,7 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Расчет категории опасности предприятия:

$$КОП = 2,9 \cdot 10^4 + 720,2 + 866,7 + 81,7 = 3,07 \cdot 10^4 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Таблица 1.7 - Ранжирование выбросов по категории опасности

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значения КОВ		Ранг
	м <sup>3</sup> /с	%	
Суммарный по предприятию	3,07·10 <sup>4</sup>	100	
Диоксид азота	2,9·10 <sup>4</sup>	94,56	1
Диоксид серы	720,2	2,35	3
Пыль	866,7	2,82	2
Оксид углерода	81,7	0,27	4

Вывод: приоритетным загрязняющим веществом по массе выбросов на комбикормовом заводе являются основные продукты неполного сгорания топлива - угарный газ – 59,1 % и диоксид азота - 16,5%, а также пыль -19,1 %.

Приоритетным загрязняющим веществом по категории опасности вещества на комбикормовом заводе является наиболее токсичное соединение - диоксид азота (94,56 %). Затем следуют вещества третьего класса опасности: пыль (2,82 %) и диоксид серы (2,35 %). На последнем месте находится соединение четвертого класса опасности – оксид углерода (0,27 %). То есть, приоритетным загрязняющим веществом на комбикормовом заводе по массе выбросов является оксид углерода, а по категории опасности вещества – диоксид азота.

Комбикормовый завод– предприятие IV категории опасности.

## **2 Лабораторная работа №2. Методика расчета выбросов оксида углерода, углеводорода, оксидов азота, серы, сажи и свинца от автотранспорта**

### **Цель работы**

Овладение методикой расчета выброса вредных веществ от автотранспорта.

### **2.1 Общие положения**

Эксплуатация автомобилей связана со значительным загрязнением окружающей среды отработавшими газами. Доля вредных компонентов отработавших газов в общем объеме атмосферных загрязнений газами в различных регионах России достигает 90 %. Особенно негативное воздействие автомобильного транспорта проявляется в крупных городах.

Вклад автотранспорта в г. Оренбурге от суммарного выброса загрязняющих веществ составил 46,2 %. По сравнению с 1995 годом его выбросы за счет увеличения пробега автобусов (в 1,43 раза) и легковых

автомашин (в 1,18 раза) увеличились на 5,8 тыс. т. В г. Орске - 7,2 %, Новотроицке - 3,5 %, Кувандыке - 47,8 %.

В состав отработавших газов входят токсичные и поэтому наиболее опасные для здоровья человека: окись углерода, окислы (окись и двуокись) азота, углеводороды, альдегиды (формальдегид и акролеин), соединения серы, ядовитый свинец и его соединения, сажа и канцерогенное вещество бенз(а)пирен.

Транспортные источники загрязнения атмосферы обладают рядом специфических особенностей, учет которых необходим на любом уровне рассмотрения проблемы. По существующей классификации их можно отнести к линейным наземным непрерывно действующим источникам с переменной мощностью выброса, расположенных непосредственно в селитебных районах города. Особую опасность для окружающей среды эти источники создают тем, что выброс осуществляется в приземном слое воздуха на очень небольшой высоте (менее одного метра).

**Наиболее опасными для здоровья человека в выбросах автомобильного транспорта являются вещества канцерогенного характера. К ним относятся свинец, некоторые полициклические углеводороды (бенз(а)пирен).**

Свинец образуется при сгорании тетраэтилсвинца (ТЭС) в двигателях внутреннего сгорания, который используется как антидетонатор для повышения октанового числа бензина. Максимальное содержание в бензине составляет 0,25 г/кг (0,37 г/л).

Если легкие фракции загрязнителей могут перемещаться на дальние расстояния, рассеиваясь на больших площадях, то соединения свинца выпадают локально.

**Таким образом, в результате движения автотранспорта происходит загрязнение свинцом почвы и растительности придорожной полосы.**

Многочисленные исследования показывают, что до 70 % свинца накапливается в верхнем 10-сантиметровом слое почвы в полосе до 60 м от полотна дороги. По мере удаления количество свинца в почве постепенно снижается, хотя и прослеживается на расстоянии до 300 м. от полотна дороги.

При этом распространение свинца зависит от наличия и плотности зеленых насаждений - чем она выше, тем меньше его в почве, а также наличия различных препятствий.

Фоновое содержание свинца в воздухе колеблется от 10 до 60 нг/м<sup>3</sup>, а в почве вдоль дорог доходит до 10 мг/кг. В то же время предел допустимой концентрации (ПДК) свинца в воздухе населенных пунктов установлен 0,007 мг/м<sup>3</sup>.

Токсичные вещества попадают в атмосферу не только в составе отработавших газов. Токсичными являются и сами углеводородные топлива. Особенно бензины, точнее их пары, выходящие из отверстий топливных баков и карбюратора, а также картерные газы двигателя.

Предельно допустимая среднесуточная концентрация паров бензина - 1,5 мг/м<sup>3</sup>.

**Однако автотранспорт является еще и мощным источником выделения аэрозолей, которые формируются по двум разным механизмам:**

-первая часть аэрозолей поступает в атмосферу города в результате неполного сгорания топлива в двигателях (особенно в дизелях) транспортных средств. При этом выделяется тонкодисперсный аэрозоль сажи. В составе сажи, выбрасываемой двигателем, есть и полициклические углеводороды, обладающие канцерогенным и мутагенным действием (около 75 % мутагенов адсорбируются именно на саже), что сильно повышает ее агрессивность;

-вторая часть аэрозоля формируется в результате взаимодействия шин автомобиля и воздушного потока, создаваемого им, с поверхностью дороги.

Таким образом, автомобильные дороги крупного города являются мощным источником как первичного, так и вторичного выделения веществ загрязнителей в атмосферу.

## **2.2 Расчет выбросов от автомобильного транспорта**

Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице  $M_{ij}$  рассчитывается по формуле:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{общ}^N \cdot 10^{-6} \quad (2.1)$$

где  $m_{ij}$  – приведенный пробеговой выброс г/км

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{ti} \quad (2.2)$$

$m_i$  – пробеговой выброс  $i$ -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км;

$K_{ri}$  – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов;

$K_{ti}$  – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс  $i$ -го загрязняющего;

$L_{общ}^N$  – суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, который является функцией времени, интенсивности и скорости движения АТС, км.

Суммарный сезонный пробег по улице рассчитывается по следующей схеме

$$L_{общ}^N = \sum_i^n L_{сез}^N = \sum_i^n v_{авт} t_g N_{сез}^N \quad (2.3)$$

где  $v_{авт}$  - скорость движения транспортных средств;

$N_{сез}^N$  – число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон;

$t_g$  – время движения автотранспортного средства по данной улице, которое рассчитывается по формуле

$$t_g = \frac{L}{v_{авт}} \quad (2.4)$$

где  $L$  – длина улицы, км.

Исходя из уравнений (2.3) и (2.4), суммарный годовой пробег автомобилей будет рассчитываться по формуле

$$L_{общ}^N = \sum_i^n L \cdot N_{сез}^N \quad (2.5)$$

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, определяется суммированием

$$N_{сез}^N = t \cdot (N_y + N_o + N_g + N_n) \cdot n \quad (2.6)$$

$t$  – время, 6 часов

$n$  – количество дней в сезоне

Значения приведенного пробегового выброса  $i$ -го загрязняющего вещества данным типом транспортных средств приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Приведенный пробеговой выброс для различных видов автотранспорта.

Тип автотранспорта	Примеси	Пробеговой выброс, г/км	Коэффициенты			Приведенный пробеговой выброс, г/км
			K <sub>гi</sub>	K <sub>тi</sub>	K <sub>пi</sub>	
1	2	3	4	5	6	7
Легковые	CO	13,0	0,87	1,75	-	19,8
	NO <sub>2</sub>	1,5	0,94	1,0	-	1,4
	CH	2,6	0,92	1,48	-	3,5
	SO <sub>2</sub>	0,076	1,15	1,15	-	0,1
	Pb	0,025	1,15	1,15	-	0,03



Продолжение таблицы 2.1.

1	2	3	4	5	6	7
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO <sub>2</sub>	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	CH	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO <sub>2</sub>	0,16	1,15	1,15	1,19	0,3
	Pb	0,023	1,15	1,15	1,19	0,04
Грузовые дизельные	CO	2,8	0,95	1,6	0,68	2,9
	NO <sub>2</sub>	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	CH	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO <sub>2</sub>	0,96	1,15	1,15	1,2	1,5
	Сажа	0,5	0,8	1,9	0,54	0,4
Автобусы бензиновые	CO	67,1	0,89	1,4	0,9	75,2
	NO <sub>2</sub>	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	CH	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO <sub>2</sub>	0,25	1,15	1,1	1,3	0,4
	Pb	0,037	1,15	1,1	1,3	0,1
Автобусы дизельные	CO	4,5	0,95	1,4	0,89	5,3
	NO <sub>2</sub>	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	CH	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO <sub>2</sub>	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

Пример расчета пробега легкового автотранспорта для улицы Салмышской (зима) приведен ниже

$$L_{зим}^N = 6 \text{ ч.} \times 1,65 \text{ км} \times (150 + 108 + 135 + 6) \times 91 = 359459 \text{ км}$$

Количество выбросов угарного газа за сезон составляет

$$M_{CO} = 359459 \text{ км} \times 19,8 \text{ г/км} \times 10^{-6} = 7,1 \text{ т/сезон}$$

### 2.3 Расчет категории опасности автомобильного транспорта

Категорию опасности автомобильного транспорта рассчитывают по аналогии с категорией опасности предприятия

$$KOA = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i} \quad (2.7)$$

Для расчета КОА при отсутствии ПДК<sub>сс</sub> используют значения ПДК<sub>мр</sub>, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимой концентрации для рабочей зоны.

## 2.4 Расчет категории опасности дороги

Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается выбросами пыли ( $M_n$ ), а пылеобразование на дорогах можно количественно описать через категорию опасности дороги (КОД), которая будет связана с количеством выбросов уравнением

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{CV^y}{ПДК_n} \quad (2.8)$$

где  $C$  – концентрация пыли в воздухе улицы,

$V^y$  – объем воздуха, в котором рассеяна пыль.

Количество пыли, выбрасываемое  $N$ -ым количеством автомобилей  $i$ -го класса, проходящих над поверхностью  $S_A$  рассчитывается по формуле

$$M_a^y = \psi_i \cdot S_{Ai} \cdot N_i \quad (2.9)$$

где  $S_A$  – площадь проекции автомобиля на поверхность дороги,  $m^2$ ;

$\psi$  – сдуваемость пыли,  $mg/(cm^2 \cdot c)$ ;

$N_i$  – интенсивность движения автомобилей  $i$ -го класса.

Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств

Тип АТС	Значения удельной сдуваемости, мг/с
Легковой	240
Грузовой	516
Автобусы	541

Объем воздуха, в котором распределяется пыль, рассчитывается через постоянный объем атмосферы ( $V_0^y$ ), определяемый площадью улицы ( $S$ ) и высотой приземного слоя ( $h$ ), и его прирост ( $\Delta V$ ), создаваемый диффузионными процессами и определяется по формуле

$$V^y = V_0^y + \Delta V = Sh + \Delta V \quad (2.10)$$

Для случая, когда в атмосфере наблюдаются застойные явления ( $v=0-3$  м/с) прирост определяется через увеличение высоты приземного слоя

$$\Delta V = [2(L \cdot h) + S] \cdot v_{диф} \cdot t \quad (2.11)$$

Вероятность таких погодных условий составляет 45%.

## 2.5 Расчет категории опасности улицы

В качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы на улице любого назначения используется категория опасности улицы (КОУ), которую следует определять через опасность (выбросы) автомобиля и качественные характеристики автомобильной дороги, то есть

$$КОУ = КОА + КОД \quad (2.12)$$

## 2.6 Форма отчета о выполненной работе

Содержание отчета включает в себя исходное задание, формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

1) расчет массы загрязняющих веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом на данной улице, таблицу по суммарному выбросу вредных веществ (таблица 2.3);

Таблица 2.3 Количество загрязняющих веществ, выбрасываемое автотранспортом на данной улице

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Выбросы разных веществ по сезонам, т/сезон					Суммарный выброс, т/сезон
		CO	CH	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Pb	Сажа
	Легковые						
	Грузовые						
	Автобусы						
	Всего						

2) расчет КОА, таблицу с результатами КОВ для различного вида транспорта (таблица 2.4);

Таблица 2.4 Значения категории опасности вещества для различного вида автотранспорта

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Значения КОВ, м <sup>3</sup> /с					КОА, м <sup>3</sup> /с
		CO	CH	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Pb	Сажа
	Легковые						
	Грузовые						
	Автобусы						
	Всего						

3) выводы.

## **2.7 Контрольные вопросы**

- 1.) Воздействие автотранспорта на атмосферу города Оренбурга.
- 2.) Влияние выбросов от автотранспорта на здоровье людей.
- 3.) Распространение отработавших газов в зоне дороги.
- 4.) Пылеобразование на автомобильных дорогах.
- 5.) Предупреждение пылеобразования на автомобильных дорогах.
- 6.) Проблема загрязнения атмосферного воздуха и почвы соединениями свинца, входящих в состав отработавших газов.
- 7.) Классификация дорожных загрязнений по источникам их образования.
- 8.) Оценка уровня загрязнения атмосферы автотранспортом.
- 9.) Проблема загрязнения почвы выбросами от автотранспорта.
- 10.) Перспективы снижения загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом.

## **3 Лабораторная работа №3. Методика расчета категории опасности исследуемого территориально производственного комплекса**

Категория опасности территориально-производственного комплекса (КОГ) оценивается как сумма категорий опасности предприятий (КОП) и улиц (КОУ), расположенных на одной территории:

$$КОГ = \sum_{i=1}^n КОП_i + \sum_{i=1}^n КОУ_i, \quad (3.1)$$

### **3.1 Форма отчета о выполненной работе**

Содержание отчета включает в себя исходное задание, формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

- 1) расчет категории опасности территориально-производственного комплекса;
- 2) выводы.

### **3.2 Контрольные вопросы**

- 1) Дать определение комплексным показателям качества атмосферы (КОГ).
- 2) Критерии деления предприятий по категории опасности.
- 3) Дать определение естественных и антропогенных источников загрязнения окружающей среды.
- 4) Классификация источников загрязнения воздушного бассейна по дальности распространения.

5) Классификация источников загрязнения воздушного бассейна по геометрической форме

6) Классификация источников загрязнения воздушного бассейна по режиму работы

## **4 Лабораторная работа №4. Методика расчета критерия качества атмосферы**

### **Цель работы**

Овладение методикой расчета критерия качества атмосферы промышленного города

### **4.1 Общие положения**

Вредные вещества, попадая в атмосферу, рассеиваются или вымываются из нее осадками. При постоянном режиме выбросов вредных веществ, колебания уровней загрязнения атмосферного воздуха наблюдаются под влиянием условий переноса и рассеяния примесей в атмосфере. Поэтому снижение концентраций примесей на исследуемой территории в целом зависит от определенных сочетаний метеорологических факторов. Чем точнее установлено это сочетание, тем с большей надежностью будет осуществляться прогноз возможного накопления примесей в атмосфере. Так как формирование уровня загрязнения атмосферы примесями в значительной степени связано с условиями вертикального и горизонтального переноса и рассеяния примесей, качество атмосферы изучаемой территории может быть представлено в виде функции скоростей воздушных потоков.

В нашем случае в выбросах от низких и неорганизованных источников увеличение концентрации примеси наблюдается при слабой ветровой активности ( $U < 3$  м/с) за счет накопления примесей в приземном слое атмосферы. Следовательно, резкое увеличение концентрации примеси в атмосфере промышленного центра может происходить при скоростях ветра до 4 м/с, когда наблюдаются застойные явления в воздухе. В случае выпадения осадков в системе «атмосфера – территория» в расчет следует включить дополнительный фактор – количество осадков в виде дождя и снега.

Любой источник загрязнения может и должен рассматриваться в качестве системы типа: человек–атмосфера–производство. Причем объединяющим началом в этой системе является территория, а природной средой, через которую осуществляется взаимодействие в системе, служит атмосфера. Следовательно, нами должно рассматриваться взаимодействие в системе типа: приземный слой атмосферы – производство – человек. Атмосфера выступает средой, через которую примесь от источника перемещается к человеку, в качестве источника примеси выступает

производство, человек - в качестве компоненты, подвергающейся воздействию этой примеси.

Данную систему следует рассматривать как неравновесную систему, в которой есть пространство с избыточным содержанием  $i$ -той примеси и есть пространство с ее недостатком. Следовательно, для этой системы будет присущ диффузионный процесс, который можно охарактеризовать потоком массы вещества. Если смоделировать рассматриваемую систему, то основными элементами модели можно принять:

1. генератор (источник) примесей– совокупность предприятий и улиц, выбрасывающих в атмосферу  $n$ -ое количество примесей.

2. среда, в которой наблюдается диффузия примеси– атмосфера. Под атмосферой нами подразумевается ее приземный слой высотой 100 м .

3. механизм распределения примеси от источника по территории определяется метеоусловиями.

Совокупность предприятий и улиц, как источник (генератор) примеси, можно описать через поток массы генерируемого вещества

$$M^i = \frac{m^i}{t} . \quad (4.1)$$

В производственных условиях  $M^i$  называется количеством выбросов.

Для характеристики диффузионного процесса, интенсивность которого определяет состояние системы с рассеиванием или накоплением примеси на территории завода или на территории прилегающей к заводу, используем законы молекулярной и конвективной диффузии, которые позволяют оценить поток диффузии для  $i$ -ой примеси

$$J_{диф}^i = C^i \cdot q - D^i grad C^i \quad (4.2)$$

где  $C^i$  – концентрация  $i$ -й примеси, мг/м<sup>3</sup>;

$q = U/t$  – объемная скорость перемещения примеси, м<sup>3</sup>/с.

Полный поток вещества складывается из конвективного ( $C \cdot q$ ) и диффузионного ( $D^i grad C^i$ ) потоков. Причем диффузионный поток в атмосфере должен быть пропорционален градиенту концентрации и направлен в сторону убыли концентрации примеси в атмосфере (знак минус указывает именно на это). Если же примесь находится в движущемся потоке, то поток увлекает ее своим движением и создает конвективное перемещение вещества в пространстве (второй член в уравнении (4.2))

Уравнение (4.1) является количественным описанием технологического процесса. А уравнение (4.2) является уравнением,

описывающим процесс накопления (рассеивания) примеси в воздушной среде. Для уравнения (4.2) могут быть получены точные решения лишь в простых геометрических условиях. Поэтому для его решения следует знать граничные условия, которые задаются, как правило, концентрацией примеси у источника выбросов и вдали от него. Первым граничным условием следует считать условие, когда концентрация примеси вдали от источника выбросов стремится к нулю ( $C \rightarrow 0$ ). Следовательно, в рассматриваемой системе возникает ограничение в перераспределении примеси, а уравнение (4.2) примет вид

$$J_{\text{полн}} = J_{\text{диф}} = -D^i \text{grad} C^i, \quad (4.3)$$

Уравнение (4.3) показывает, что поток вещества лимитируется молекулярной диффузией. Вторым граничным условием может быть условие, когда скорость генерирования примеси у источника и вдали от него будет оставаться одинаковой ( $C = C_{\text{равн}}$ ), а уравнение (4.2) примет вид

$$J_{\text{полн}} = J_{\text{конв}} = C^i \cdot q, \quad (4.4)$$

То есть полный поток примеси в этом случае лимитируется конвекцией.

Третьим граничным условием следует считать такое условие, при котором примесь выводится из атмосферы осадками и поэтому ее концентрация вдали от источника выбросов стремится к заданной концентрации ( $C \gg C_{\text{равн}}$ ). В системе «атмосфера – территория» возникает ограничение в перераспределении примеси, а уравнение (4.2) примет вид

$$J_{\text{полн}} = J_{\text{вымыв}} = \Delta C^i \cdot q, \quad (4.5)$$

где  $\Delta C^i$  - снижение концентрации примеси в атмосфере в процессе выпадения осадков.

Исходя из уравнений (4.1) и (4.2) для систем человек – совокупность предприятий и улица – атмосфера можно получить критерий качества атмосферы ( $K_{\text{атм}}$ ), который определяется отношением скорости генерирования примеси в атмосферу к скорости ее рассеивания (накопления по территории) и через категорию опасности предприятий и улиц включает в себя количество выбросов от источника, скорость ветра и его направление, интенсивность атмосферных осадков, токсичность примеси и ее класс опасности, а через категорию опасности территории – емкость среды по примеси. Определение критерия качества атмосферы проводили по формуле

$$K_{атм} = \frac{КОП}{КОТ}, \quad (4.6)$$

где КОТ – категория опасности территории, м<sup>3</sup>/с.

Из определения категории опасности территории следует, что изменение емкости приземного слоя атмосферы территории возможно двумя путями:

1) через увеличение во времени объема среды, в которой распределяется примесь (рассеивание);

2) через изменение приведенной концентрации примеси.

Причем, каждому состоянию системы отвечает только одно значение критерия качества атмосферы. Этот факт можно использовать для оценки и прогноза качества атмосферы территории в различных метеорологических ситуациях.

Критерий качества атмосферы можно представить следующим образом

$$K_{атм} = \frac{M^i}{J_{полн}}, \quad (4.7)$$

В граничных условиях для молекулярной диффузии и конвекции уравнение (4.7) будет иметь различный вид

$$K_{атм} = \frac{M^i}{J_{конв}}, \quad (4.8)$$

$$K_{атм} = \frac{M^i}{J_{диф}}, \quad (4.9)$$

Для привязки уравнения (4.7) к принятым в промышленной экологии показателям, умножим его числитель и знаменатель на ПДК, просуммируем по n-му количеству примеси и возведем в степень  $\alpha$ , тогда уравнение (4.7) примет вид:

$$K_{атм} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i} / \sum_{i=1}^n \left( \frac{J_{полн}}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i} = \frac{КОП}{КОТ}, \quad (4.10)$$

За категорию опасности территории нами принято выражение вида:



$$KOT = \sum_{i=1}^n \left( \frac{J_{полн}^i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (4.11)$$

которое для конвективной диффузии трансформируется в следующее выражение:

$$KOT = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C^i \cdot V_c}{ПДК_i \cdot t} \right)^{\alpha_i}, \quad (4.12)$$

а для молекулярной диффузии примет вид:

$$KOT = - \sum_{i=1}^n \left( \frac{D^i \text{grad} C^i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (4.13)$$

Следовательно, категория опасности территории может быть использована в качестве основного параметра, способного прогнозировать санитарно–гигиеническое состояние воздушной среды исследуемой территории на основе существующих данных об источниках загрязнения среды и о метеоусловиях в ней.

В настоящее время однозначно установлено, что перенос и распространение примеси в атмосферном воздухе зависит, в первую очередь, от скорости движения воздушных потоков (ветра). То есть от объема воздуха, в котором перераспределена примесь. При этом, распределение примеси внутри объема осуществляется по законам конвективной диффузии. При расчете интенсивности загрязнения атмосферы изучаемой территории основной проблемой становится оценка этого объема воздуха. В качестве модели приземного слоя атмосферы рассмотрен замкнутый объем с подвижными стенками, который должен изменяться и описываться уравнением:

$$V_c^i = V_0 \pm \Delta V, \quad (4.14)$$

где  $V_0$ —постоянный объем приземного слоя атмосферы изучаемой территории;

$\Delta V$ —прирост объема за счет диффузии.

Знак “плюс” в выражении (4.14) ставится тогда, когда объем воздушной среды, в котором распределяются загрязняющие примеси, нарастает за счет восходящих или горизонтальных, воздушных потоков, а знак “минус”—когда объем воздуха уменьшается в результате температурных инверсий.

Постоянный объем приземного слоя атмосферы исследуемой территории определяется площадью этой территории и высотой ее приземного слоя, то есть может быть рассчитан по формуле:

$$V_0 = L \cdot E \cdot H \quad (4.15)$$

где L и E—ширина и длина территории, м;

H=100 м—высота приземного слоя атмосферы.

С некоторым приближением (площадь территории имеет форму круга, промышленные предприятия равномерно распределены по данной территории) можно принять

$$V_0 = \pi \cdot L^2 \cdot H = S_r \cdot H, \quad (4.16)$$

где  $S_r$ —площадь застройки территории.

Таким образом, анализ механизмов диффузии примеси в приземном слое исследуемой территории показывает следующее:

1) интенсивность загрязнения атмосферного воздуха данной территории должна определяться механизмом рассеивания примесей. Наиболее сильное ее загрязнение будет иметь место для случая, когда рассеивание примесей осуществляется по механизму молекулярной диффузии (застойные явления в воздушной среде). Следовательно, при изучении качества атмосферы следует обратить внимание на проветриваемость территории, то есть на изучение зависимостей типа:  $K=f(U)$ ;

2) высота приземного слоя (H) зависит от температуры воздуха на разных высотах (температурные инверсии) и от скорости и характера движения воздушных потоков, то есть  $H=f(U, T, P)$  и при их неблагоприятном сочетании может стремиться к малым величинам (10–50 м). Кроме того, высота приземного слоя является функцией рельефа местности;

3) параметр L характеризует длину (ширину) территории, который перпендикулярен к направлению ветра. Следовательно, зная господствующую розу ветров можно вносить поправки в пространственное размещение предприятий–загрязнителей на данной территории;

4) критерий качества атмосферы представленный уравнениями (4.6), включает в себя сочетание наблюдаемых (или ожидаемых) метеорологических параметров в определенный период времени (час, сутки), рельефных характеристик, а также количество выбрасываемых вредных веществ в воздушный бассейн территории. Поэтому может использоваться при прогнозировании возможных изменений уровня загрязнения атмосферы, как на короткие временные интервалы, так и на длительное время.

## 4.2 Расчет критерия качества атмосферы

В случае, когда на территории исследуемого ТПК стоит ясная погода, прогноз качества атмосферного воздуха следует проводить с учетом механизмов рассеивания примеси в атмосфере. То есть, изменение опасности территории происходит за счет диффузии примеси в объеме среды во времени (молекулярная диффузия) или за счёт конвекции примеси со средой в пространстве. Молекулярную диффузию (штиль), в свою очередь, мы разбиваем на две составляющие: инверсионное движение воздушных масс ( $v \rightarrow 0 \text{ м/с}$ ), как наиболее неблагоприятное погодное условие, и перемещение воздушных масс в результате температурных стратификаций ( $v = 0,1 - 1 \text{ м/с}$ ). Так как, ветреная погода является наиболее вероятной и благоприятной ситуацией, в первую очередь имеет смысл рассмотреть рассеивание примеси в воздушном пространстве города при конвективной диффузии.

Для оценки способности исследуемой территории к рассеиванию примеси необходимо определить категорию опасности территории, в которую заложен определённый экологический смысл – это ёмкость приземного слоя атмосферы данной территории по примесям, рассчитанная с учётом кинетики диффузии.

Для ветреной погоды (конвективная диффузия) категория опасности территории, в которой рассеивается примесь при стандартных экологических условиях (ИЗА=1), рассчитывается по формуле (4.17), которая учитывает скорость ветра:

$$KOT = \sum_{i=1}^n q^{\alpha} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{V_c}{t} \right)^{\alpha} = \sum_{i=1}^n \left( \left[ 0,5\pi R_r^2 + (2R_r + v_{\partial} t) \cdot v_{\partial} t \right] \cdot \frac{h_{\partial}}{t} \right)^{\alpha} \quad (4.17)$$

где  $q^{\alpha}$  - объёмная скорость перемещения примеси,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$V_c$  - объём воздушной среды, в котором распределяются примеси,  $\text{м}^3$ ;

$R_r$  - радиус территории,  $\text{м}$ ;

$v_{\partial}$  - скорость диффузии,  $\text{м/с}$ ;

$t$  - время протекания процесса,  $\text{с}$ ;

$v_{\partial}$  - скорость ветра,  $\text{м/с}$ ;

$h_{\partial}$  - высота приземного слоя атмосферы,  $\text{м}$ ;

$\alpha$  - степень, соответствующая классу опасности примесей, присутствующих в атмосфере исследуемой территории.

Для штиля (молекулярная диффузия) категория опасности территории рассчитывается по формуле (4.18), которая учитывает его продолжительность:

$$KOT = \sum_{i=1}^n q^{\alpha} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{V_c}{t} \right)^{\alpha} = \sum_{i=1}^n \left( \pi (R_r + v_{\partial} t)^2 \cdot \frac{h_{\partial}}{t} \right)^{\alpha}, \quad (4.18)$$

где  $v_d$  - скорость диффузии, м/с;

В случае, когда примесь вымывается из атмосферы осадками, категория опасности территории определяется по формуле

$$KOT = q_{кр}^{\alpha} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta ИЗА^i = \left( \frac{V_C}{t_{кр}} \right)^{\alpha} \cdot \left( \sum_{i=1}^n \eta^i \cdot ИЗА_0^i \right), \quad (4.19)$$

где  $q^a$  -объёмная скорость вымывания примеси атмосферными осадками, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta ИЗА^i$  -изменение индивидуального индекса загрязнения атмосферного воздуха в результате выпадения осадков.

В данном случае категория опасности территории является произведением объемной скорости вымывания примеси в соответствующей степени на изменение суммарного индекса загрязнения атмосферы. Оба множителя являются функциями интенсивности осадков. Категория опасности территории в этом случае рассчитывается по приоритетной примеси.

Таким образом, категория опасности территории должна использоваться в качестве второго основного параметра, способного дать прогнозную оценку качества воздушной среды исследуемой территории на основе существующих данных об источниках загрязнения среды и о метеоусловиях в ней.

Определение критерия качества атмосферы проводится по формуле

$$K_{атм} = \frac{КОГ}{KOT}, \quad (4.20)$$

где КОГ -категория опасности города, м<sup>3</sup>/с.

По изменениям критерия качества атмосферы нами проводится прогноз и картирование территории города по экологическому благополучию городской среды. Это можно сделать при использовании ограничений, предложенных во “Временной методике отнесения территории к зонам экологического неблагополучия” (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Значение критерия качества атмосферы для территории, прилегающей к источнику.

Характеристика атмосферного воздуха на территории	Величина критерия качества атмосферы	
	минимальная	максимальная
1. Условно чистая	-	<0,3
2. Напряженная	0,3	1
3. Критически нагруженная	1	4
4. Зона ЧЭС	4	8
5.ЗЭБ	>8	-

Для прогноза состояния атмосферы промышленного города рассчитанные по формуле (4.20) значения критерия качества атмосферы могут быть поправлены на различные метеорологические ситуации в ней. Поэтому возникает необходимость в определении вероятностей этих ситуаций, а критерий качества атмосферного воздуха для разных ситуаций определяется по формуле:

$$K_{атм} = B_{\text{в}} \cdot K_{\text{в}} + B_{\text{ш}} \cdot K_{\text{ш}} + B_{\text{ос}} \cdot K_{\text{ос}}, \quad (4.21)$$

где  $B_{\text{в}}, B_{\text{ш}}, B_{\text{ос}}$  -вероятности установления в атмосфере разных погодных условий с, соответственно, ветром, штилем и осадками;

$K_{\text{в}}, K_{\text{ш}}, K_{\text{ос}}$  -критерии качества атмосферы, рассчитанные соответственно для погодных условий: ветра, штиля и осадков.

#### 4.3 Форма отчета о выполненной работе

Содержание отчета включает в себя исходное задание, формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

**1) граничные условия и таблицу с исходными данными для определения критерия качества атмосферы (таблица 4.2);**

Таблица 4.2 –Исходные данные для определения критерия качества атмосферы.

Радиус промышленной площадки (R), м	Время воздействия на атмосферу территории (t), ч	Скорость диффузии ( $v_d$ ), м/с	Категория опасности территории, м <sup>3</sup> /с

**2) расчет категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса при конвективной диффузии (таблица 4.3);**

**Таблица 4.3- Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса. Механизм рассеивания примеси– конвективная диффузия (скорость изменяется от 1 до 10 м/с).**

Скорость, м/с.	КОТ, м <sup>3</sup> /с	Величина критерия качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
1				
10				

3) расчёт расстояния, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов в условиях ветреной погоды;

4) график зависимости критерия качества атмосферы от скорости ветра при рассеивании примеси по механизму конвективной диффузии;

5) определение критической скорости ветра;

6) выводы;

7) граничные условия и расчет категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса при температурной стратификации воздушных потоков (таблица 4.4);

**Таблица 4.4-Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса. Погодная ситуация – температурная стратификация воздушных потоков**

Скорость, м/с.	КОТ, м <sup>3</sup> /с	Величина критерия качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
0				
0,3				
0,5				
0,7				
0,8				
1,0				

8) расчёт расстояния, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов в условиях температурной стратификации воздушных потоков;

9) график зависимости критерия качества атмосферы от продолжительности температурных стратификации воздушных потоков;

10) определение критической скорости движения воздушных потоков;

- 11) выводы;
- 12) расчет категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса при инверсионном движении воздушных потоков (таблица 4.5);

**Таблица 4.5-Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса. Погодное условие – инверсии воздушных потоков.**

Продолжительность инверсий, час.	КОТ, $\text{м}^3/\text{с}$	Величина критерия качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
0				
0,5				
1				
3				
6				

- 13) расчёт радиуса облака загрязняющих веществ, создаваемого исследуемым ТПК для случая инверсий воздушных потоков;

- 14) график зависимости критерия качества атмосферы от продолжительности инверсий воздушных потоков;

- 15) определение критического времени установления равновесия в системе;

- 16) выводы;

- 17) расчет категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса при выпадении осадков (таблица 4.6);

**Таблица 4.6 – Зависимость категории опасности территории и критерия качества атмосферы от интенсивности осадков для случая конвективной диффузии**

I, мм/ч	0	1	2	3	4	5	6	7	8
КОТ, $\text{м}^3/\text{с}$									
Катм									

- 18) график зависимости категории опасности территории и критерия качества атмосферы от интенсивности осадков для случая конвективной диффузии;

- 19) определение критического значения интенсивности осадков;

- 20) выводы;

- 21) расчёт среднегодового значения критерия качества атмосферы;

- 22) выводы.

#### 4.4 Контрольные вопросы

- 1) Дать определение категории опасности территории.
- 2) Дать определение критерия качества атмосферы.
- 3) Основные элементы системы "атмосфера – производство – человек".
- 4) Основные пути изменения емкости приземного слоя атмосферы территории.
- 5) Прогноз и картирование территории города по экологическому благополучию городской среды.
- 6) Расчёт критерия качества атмосферы для случая конвективной диффузии.
- 7) Расчёт критерия качества атмосферы для случая молекулярной диффузии.
- 8) Расчёт критерия качества атмосферы для случая выпадения осадков.

#### 4.5 Пример расчёта:

1) расчёт критерия качества атмосферы проведен исходя из следующих граничных условий:

а) вещество равномерно распределяется в приземном слое воздуха. Высота этого слоя зависит от степени вертикальной устойчивости атмосферы и при неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) равна 100 м;

б) объем воздушной среды, а, значит, и территория загрязнения определяется механизмами рассеивания примеси в атмосфере:

–при наличии ветра скорость рассеивания может изменяться в широких пределах ( $v_{\text{в}} = 1,0\text{--}10$  м/с) и должна уточняться по метеорологическим данным, время протекания процесса составляет 3 часа.

Расчёт категории опасности территории вели с учётом исходных величин, характерных для исследуемого ТПК (таблица 4.7). В данном случае категория опасности территории зависит от скорости ветра, а в атмосфере формируется факел трапецевидной формы;

**Таблица 4.7 –Исходные данные для определения критерия качества атмосферы**

Радиус промышленной площадки (R), м	Время воздействия на атмосферу территории (t), ч	Скорость диффузии ( $v_{\text{д}}$ ), м/с	Категория опасности территории, м <sup>3</sup> /с
$0,5 \cdot 10^3$	3,0	0,01	$1,1 \cdot 10^7$

2) все значения КОТ для конвективной диффузии рассчитаны по формуле 4.17 по четырём приоритетным загрязняющим веществам:



диоксиду азота, диоксиду серы, оксиду углерода и пыли и представлены в таблице 4.8.

Расчёт категории опасности территории для конвективной диффузии при скорости ветра, равной 1,0 м/с проводится следующим образом

$$KOT = ([0,5 \cdot 3,14 \cdot 500^2 + (2 \cdot 500 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 10^4) \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 10^4] \cdot 100 / 1,1 \cdot 10^4)^{1,3} + ([0,5 \cdot 3,14 \cdot 500^2 + (2 \cdot 500 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 10^4) \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 10^4] \cdot 100 / 1,1 \cdot 10^4)^{1,0} + ([0,5 \cdot 3,14 \cdot 500^2 + (2 \cdot 500 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 10^4) \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 10^4] \cdot 100 / 1,1 \cdot 10^4)^{0,9} + ([0,5 \cdot 3,14 \cdot 500^2 + (2 \cdot 500 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 10^4) \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 10^4] \cdot 100 / 1,1 \cdot 10^4)^{1,0} = 3,3 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$$

**Таблица 4.8 Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого ТПК. Механизм рассеивания примеси—конвективная диффузия.**

Скорость, м/с.	КОТ, м <sup>3</sup> /с	Величина критерия качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
1	3,3·10 <sup>6</sup>	3,3	11,0	Критическая зона
2	8,5·10 <sup>6</sup>	1,7	22,0	
3	1,2·10 <sup>7</sup>	0,9	33,0	Напряженная зона
4	1,9·10 <sup>7</sup>	0,7	44,0	
5	2,6·10 <sup>7</sup>	0,6	55,0	
6	3,4·10 <sup>7</sup>	0,5	66,0	
7	4,2·10 <sup>7</sup>	0,44	77,0	
8	5,0·10 <sup>7</sup>	0,4	88,0	
9	5,9·10 <sup>7</sup>	0,37	99,0	
10	6,8·10 <sup>7</sup>	0,35	110,0	

Критерий качества атмосферы рассчитывается по формуле 4.20. Так, при скорости ветра, равной 1,0 м/с критерий качества атмосферы соответствует 3,3. Следовательно, в ветреную погоду на исследуемой территории создаётся ситуация критических нагрузок ( $K_{атм} = 1,1 \cdot 10^7 / 3,3 \cdot 10^6 = 3,3$ ), то есть приемлемая для населённого пункта (таблица 4.1);

3.) при рассеивании примеси в ветреную погоду расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле

$$L_{к.д.} = v_{\text{в}} \cdot t, \quad (4.22)$$

где  $v_{\text{в}}$  - скорость ветра, м/с;

$t$  - время воздействия на атмосферу территории, с.

При скорости ветра, равной 1 м/с расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов составит

$$L_{к.д.} = 1 \frac{м}{с} \cdot 1,1 \cdot 10^4 с = 11000 м$$

То есть, при скорости ветра, равной 1 м/с зона критических нагрузок распространится на расстояние до 11,0 км от исследуемого источника загрязнения атмосферы (таблица 4.8);

4)

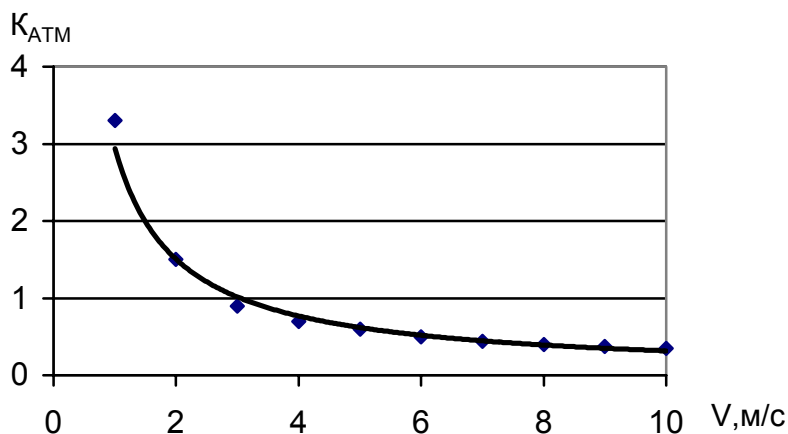


Рисунок 4.1 –Зависимость критерия качества атмосферы от скорости ветра при рассеивании примеси по механизму конвективной диффузии.

5) для исследуемого процесса рассеивания примеси существует критическая скорость ветра, которая составляет 2,2 м/с (рисунок 4.1). Процесс, происходящий по механизму конвективной диффузии при скорости ветра, меньше 2,2 м/с, недостаточен для рассеивания примеси в атмосфере территории, прилегающей к источнику выбросов, а при скорости ветра, большей 2,2 м/с, наоборот, рассеивание примеси превалирует на всей урбанизированной территории;

6) значения критерия качества атмосферы при конвективной диффузии (таблица 4.8), показывают, что условно чистая атмосфера вообще не может формироваться на исследуемом ТПК. Критические нагрузки возникают лишь при скорости ветра от 1,0 до 2,0 м/с. В условиях направленного воздушного потока при скорости ветра, большей 2,0 м/с на исследуемой территории формируется напряжённая ситуация;

7) рассчитаем критерии качества атмосферы для исследуемого ТПК при рассеивании примеси в условиях температурных стратификаций. Оценки проводятся исходя из следующих граничных условий:

а) вещество равномерно распределяется в приземном слое воздуха. Высота этого слоя зависит от степени вертикальной устойчивости атмосферы и при неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) равна 100 м;

**б) объем воздушной среды, а, значит, и территория загрязнения определяется механизмами рассеивания примеси в атмосфере:**

–в условиях температурной стратификации воздушных потоков скорость рассеивания примеси может изменяться в пределах 0 - 1,0 м/с, время протекания процесса принимаем, равным от 3 до 6 часов.

Расчёт категории опасности территории ведётся с учётом исходных величин, характерных для исследуемого ТПК (таблица 4.7). В данном случае категория опасности территории зависит от скорости термодиффузии, а в атмосфере формируется факел сфероидной формы.

Расчёт категории опасности территории для температурной стратификации при скорости движения воздушных потоков, равной 0,3 м/с проводится по формуле 4.18 и представлен в таблице 4.9. Нулевую точку определяли для случая инверсионного движения воздушных потоков продолжительностью 1,0 час.

$$КОТ = [(3,14 \cdot (500 + 0,3 \cdot 1,1 \cdot 10^4)^2 \cdot 100) / 1,1 \cdot 10^4]^{1,3} + (3,14 \cdot (500 + 0,3 \cdot 1,1 \cdot 10^4)^2 \cdot 100) / 1,1 \cdot 10^4]^{1,0} + (3,14 \cdot (500 + 0,3 \cdot 1,1 \cdot 10^4)^2 \cdot 100) / 1,1 \cdot 10^4]^{0,9} = 9,4 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с}$$

**Таблица 4.9 - Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого ТПК. Погодная ситуация – температурная стратификация воздушных потоков**

Скорость, м/с.	КОТ, м <sup>3</sup> /с	Величина критерия качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
0	$5,2 \cdot 10^5$	21,2	0,5	Зона ЗЭБ
0,3	$9,4 \cdot 10^5$	11,7	3,8	
0,5	$1,4 \cdot 10^6$	7,9	6,0	Зона ЧЭС
0,7	$2,5 \cdot 10^6$	4,6	8,2	
0,8	$2,8 \cdot 10^6$	4,0	9,3	
1,0	$3,3 \cdot 10^6$	3,3	16,0	Критическая зона

Критерий качества атмосферы рассчитывается по формуле 4.20. При скорости движения воздушных потоков, равной 0,3 м/с критерий качества атмосферы соответствует 11,7. Следовательно, при температурных стратификациях воздушных потоков на исследуемой территории создаётся ситуация с экологическим бедствием ( $K_{атм} = 1,1 \cdot 10^7 / 9,4 \cdot 10^5 = 11,7$ , таблица 4.1);

8) при рассеивании примеси в условиях температурной стратификации воздушных потоков расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле и представлен в таблице 4.9.

$$R_1 = R_0 + v_{\text{диф}} \cdot t, \quad (4.23)$$

где  $R_0$  - радиус промышленной площадки, м;

$v_{\text{диф}}$  - скорость воздушных потоков.

Так, при скорости движения воздушных потоков, равной 0,3 м/с радиус облака загрязняющих веществ, создаваемый исследуемым источником выбросов, составит

$$R_1 = 500 \text{ м} + 0,3 \text{ м/с} \cdot 1,1 \cdot 10^4 \text{ с} = 3800 \text{ м};$$

9) для процесса рассеивания примесей существует критическая скорость движения воздушных потоков, она составит 0,45 м/с. При скорости движения воздушных потоков, меньшей 0,45 м/с, в процессе рассеивания примеси в случае температурной стратификации в атмосфере преобладает накопление примеси, а при скорости движения воздушных слоёв от 0,45 до 1,0 м/с, наоборот, превалирует рассеивание примеси (рисунок 4.2);

10) значения критерия качества атмосферы при температурных стратификациях (таблица 4.9) показывают, что на исследуемом ТПК при скорости движения воздушных потоков от 0 до 0,3 м/с возникает ситуация с экологическим бедствием, при скорости движения воздушных слоёв от 0,3 до 0,8 м/с на исследуемой территории образуется чрезвычайная экологическая ситуация. А при скорости движения воздуха от 0,8 до 1,0 м/с качество атмосферы улучшается до критически нагруженной;

11) для наиболее неблагоприятных погодных условий, характеризующихся застоем в атмосфере города, категория опасности территории рассчитывается по формуле 4.18. В этом случае категория опасности территории определяется продолжительностью инверсионного движения воздушных потоков. Оценки проведены исходя из следующих граничных условий:

а) вещество равномерно распределяется в приземном слое воздуха. Высота этого слоя зависит от степени вертикальной устойчивости атмосферы и при неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) равна 100 м;

**б) объем воздушной среды, а, значит, и территория загрязнения определяется механизмами рассеивания примеси в атмосфере:**

–при инверсионном движении воздушных потоков скорость рассеивания примеси минимальна и равна 0,01 м/с ( $v_{\text{диф}} = 0,01 \text{ м/с}$ ), продолжительность инверсионного движения воздушных слоёв колеблется от 0,5 до 6 часов.

Расчёт категории опасности территории вели с учётом исходных величин, характерных для исследуемого ТПК (таблица 4.7). В данном

случае категория опасности территории зависит от продолжительности инверсий, а в атмосфере формируется факел сфероидной формы.

Расчёт категории опасности территории при продолжительности инверсионного движения воздушных потоков, равной 0,5 часа ( $1,8 \cdot 10^3$  с.) проводится по формуле 4.18 (таблица 4.10).

$$КОТ = [(3,14 \cdot (500 + 0,01 \cdot 1,8 \cdot 10^3)^2 \cdot 100) / 1,8 \cdot 10^3]^{1,3} + (3,14 \cdot (500 + 0,01 \cdot 1,8 \cdot 10^3)^2 \cdot 100) / 1,8 \cdot 10^3]^{1,0} + (3,14 \cdot (500 + 0,01 \cdot 1,8 \cdot 10^3)^2 \cdot 100) / 1,8 \cdot 10^3]^{0,9} = 9,2 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Нулевая точка соответствует значению критерия качества атмосферы при рассеивании примеси по механизму конвективной диффузии для скорости ветра, равной 1,0 м/с.

**Таблица 4.10-Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого ТПК. Погодное условие – инверсии воздушных потоков.**

Продолжительность инверсий, час.	КОТ, $\text{м}^3/\text{с}$	Величина критерия качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
0	$3,3 \cdot 10^6$	3,3	0,5	Напряженная
0,5	$9,2 \cdot 10^5$	11,9	0,52	Зона экологического бедствия
1	$5,2 \cdot 10^5$	21,2	0,54	
3	$1,9 \cdot 10^5$	55,1	0,61	
6	$1,6 \cdot 10^5$	68,8	0,72	

При продолжительности инверсионного движения воздушных слоёв, равной 0,5 часа, критерий качества атмосферы соответствует 11,9, следовательно, на исследуемой территории создаётся ситуация с экологическим бедствием ( $K_{атм} = 1,1 \cdot 10^7 / 9,2 \cdot 10^5 = 11,9$ , таблица 4.1);

12) при рассеивании примеси в условиях инверсий воздушных потоков расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле 4.23 и представлено в таблице 4.10. Так, при инверсиях воздушных потоков, продолжительностью 0,5 часа, радиус облака загрязняющих веществ, создаваемый исследуемым источником выбросов, составит

$$R_1 = 500 \text{ м} + 0,01 \text{ м/с} \cdot 1,1 \cdot 10^4 \text{ с} = 520 \text{ м} ;$$

13)

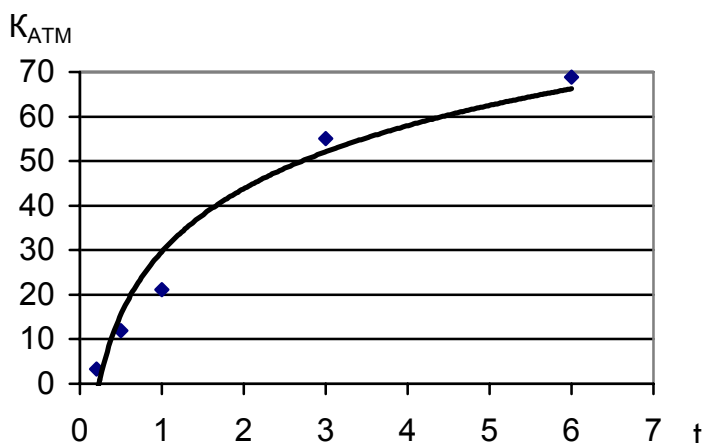


Рисунок 4.3 – Зависимость критерия качества атмосферы от продолжительности инверсий воздушных потоков.

14) при рассеивании примеси по инверсионному механизму критическое время установления равновесия в системе составляет 1,0 час. То есть, при инверсиях в воздухе, продолжительностью от 0 до 1,0 часа, рассеивание примеси должно преобладать над накоплением (рисунок 4.3). Однако рассеивание примеси в атмосфере не происходит, можно говорить лишь о её накоплении;

15) из результатов расчета следует, что в условиях инверсионного движения воздушных потоков продолжительностью от 0 до 6,0 часов качество атмосферы урбанизированной территории ухудшается от напряженного до экологического бедствия;

16) критерий качества атмосферы рассчитывается для случая выпадения осадков в виде дождя и снега с интенсивностью от 1 до 8 мм/час. Время выпадения осадков принято равным 20 минутам и более, то есть система должна прийти в состояние равновесия. Категория опасности территории при выпадении осадков определяется по формуле 4.19. Она является произведением объемной скорости вымывания примеси в соответствующей степени на изменение суммарного индекса загрязнения атмосферы. Оба множителя являются функциями интенсивности осадков.

Так как, в нашем случае приоритетным загрязняющим веществом является диоксид азота, следовательно, категорию опасности территории будем рассчитывать только по нему. Для этого преобразуем формулу (4.19) в

$$KOT = \left( \frac{\pi \cdot R_{\Gamma}^2 \cdot h_{\epsilon}}{t_{кр}} IZA(NO_2) \right)^{\alpha} \cdot (I \cdot \eta(NO_2)), \quad (4.24)$$

где  $\eta, t_{кр}$  - эмпирические коэффициенты, зависящие от интенсивности осадков и определяемые по графическим данным. ( $\eta = 0,008, t_{кр} = 15$ ).

Среднее значение индекса загрязнения атмосферы данной территории составляет 5,31 (приложение В, таблица В 1). Так, при интенсивности осадков, равной 1 мм/ч категория опасности территории будет равна

$$KOT = \left( \frac{3,14 \cdot 500^2 \cdot 100}{15} \cdot 5,31 \right)^{1,3} \cdot (1 \cdot 0,008) = 3,8 \cdot 10^7,$$

Категория опасности территории при интенсивности осадков, равной 0, (нулевая точка) определяется в зависимости от трёх случаев: во-первых, по граничному значению рассеивания примесей для конвективной диффузии, когда система находится в состоянии равновесия (в соответствии с рисунком 4.1), во-вторых, по граничному значению рассеивания примесей при температурных стратификациях атмосферы (в соответствии с рисунком 4.2) и в-третьих, по граничному значению рассеивания примесей при инверсионном движении воздушных потоков (в соответствии с рисунком 4.3).

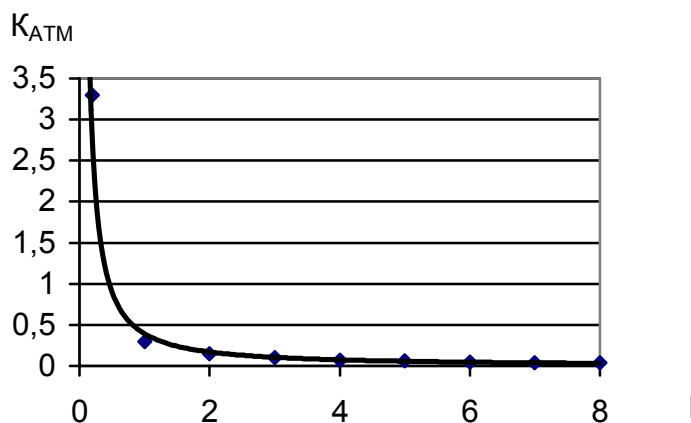
В данном случае, нулевую точку определяли только по граничному значению рассеивания примесей для конвективной диффузии ( $v_g = 1,0 \text{ м/с}$ , рисунок 4.1), так как для исследуемого ТПК характерны именно такие погодные условия. Полученная при различных значениях интенсивности осадков категория опасности территории представлена в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Зависимость категории опасности территории и критерия качества атмосферы от интенсивности осадков

I, мм/ч	0	1	2	3	4	5	6	7	8
KOT, м <sup>3</sup> /с	$3,3 \cdot 10^6$	$3,8 \cdot 10^7$	$7,6 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^8$	$1,9 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^8$	$2,7 \cdot 10^8$	$3,0 \cdot 10^8$
Катм	3,3	0,3	0,15	0,1	0,07	0,06	0,05	0,04	0,037

Критерия качества атмосферы при различной интенсивности осадков рассчитывается по формуле 4.20. Для этого категорию опасности исследуемого площадного источника разделим на полученную категорию опасности территории и представим в таблице 4.11;

17) далее для нахождения критического значения интенсивности осадков необходимо построить график в координатах  $K_{атм} - I$ , поэтому значения критериев представим графически (рисунок 4.4).



**Рисунок 4.4 –Зависимость критерия качества атмосферы от интенсивности осадков для исследуемой территории.**

18) при изменении интенсивности осадков от 0 до 8 мм/час, критерий качества атмосферы снижается от 3,3 до 0,037. Из рисунка 4.4 следует, что критическое значение интенсивности осадков соответствует 0,25 мм/ч. Т.е. уже при интенсивности осадков 0,25 - 8 мм/ч и более критерий качества атмосферы не зависит от интенсивности выпадения осадков, и в атмосфере преобладают процессы вымывания примесей;

19) из результатов расчета следует, что при условии выпадения осадков интенсивностью от 0 до 1 мм/час качество атмосферы улучшается от критически нагруженного до напряженного, а от 1 до 8 мм/ч соответствует условно чистой и в атмосфере преобладают процессы вымывания.

Таким образом, несмотря на то, что вероятность выпадения осадков в атмосфере исследуемого ТПК незначительная (2,1 %), они могут оказывать существенное влияние на качество атмосферы урбанизированной территории;

20) для оценки реального состояния атмосферы исследуемого территориально-промышленного комплекса, средние значения критерия качества атмосферы требуется поправить на вероятность различных метеорологических ситуаций в ней. При этом определяются приоритеты, отвечающие за рассеивание или вымывание примесей в среде. По данным Гидрометеоцентра для исследуемого ТПК характерны погодные условия с высокой ветровой активностью (вероятность более 87,6 %), повторяемость штиля составляет 10,3 %, причём из них 9,3 % приходится на температурную стратификацию атмосферы ( $v_{\text{диф}} = 0,1 - 1,0 \text{ м/с}$ ) и всего лишь 1,0 % - на инверсионное движение воздушных потоков ( $v_{\text{диф}} \leq 0,1 \text{ м/с}$ ). Годовая повторяемость осадков составляет 2,1 % (приложение В, таблица В 2). То есть метеоусловия на исследуемой территории должны способствовать хорошему рассеиванию примесей, выбрасываемых промышленными предприятиями. Но из-за малого количества выпадаемых



осадков атмосфера данной территории имеет низкую способность к самоочищению.

Критерии качества атмосферы, рассчитанные соответственно для разных погодных условий (ветра, инверсий, температурных стратификаций и осадков  $K_{\text{в}}$ ,  $K_{\text{инв.}}$ ,  $K_{\text{т.ст.}}$  и  $K_{\text{ос}}$ ) приведены в таблицах 4.8-4.11.

Среднегодовое значение критерия качества атмосферы рассчитывается по граничным условиям, представленным в приложении В, следующим образом

$$K_{\text{атм}} = (3,3+1,5+0,9) \cdot 0,334 + (0,7+0,6) \cdot 0,284 + (0,5+0,44) \cdot 0,156 + (0,4+0,37) \cdot 0,075 + 0,35 \cdot 0,027 + 7,9 \cdot 0,093 + 68,8 \cdot 0,01 + 0,3 \cdot 0,021 = 4,0;$$

21) таким образом, в усреднённых метеоусловиях исследуемый территориально-промышленный комплекс относится к зоне чрезвычайной экологической ситуации ( $K_{\text{атм}}=4,0$ ), то есть не может считаться приемлемым для населённого пункта.

### Список использованных источников

1. Безуглая Э.Ю. Чем дышит промышленный город. – Л: Гидрометеиздат, 1986. – 258 с.
2. Безуглая Э.Ю.. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
3. Доклад о состоянии окружающей природной среды Оренбургской области в 1995 году. Оренбургский областной комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов. Оренбург, 1996 -128 с.
4. Рекомендации по делению промышленных предприятий по категории опасности вещества. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04. 186-89). Москва, 1991. -683 с.
6. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России /Под ред. Протасова В.Ф.–М.: Финансы и статистика, 1995.–528 с.: ил.
7. Зайцев В.А. Промышленная экология: Учебное пособие / «ДеЛи». – М., 1999.- 140 с.
8. Цыцура А.А., Боев В.М., Куксанов В.Ф., Старокожева Е.А. Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов Оренбургской области. - Оренбург, Изд-во ОГУ, 1999. – 168 с., ил
9. Обеспыливание автомобильных дорог и аэродромов. – М.: Транспорт, 1973. – 148с.
- 10. Балтренас П.Б. Обеспыливание воздуха на предприятиях стройматериалов, - М.: Стройиздат, 1990.- 145 с.**
11. Штокман Е.А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности, -М.: Агропромиздат, 1989. –184 с.
12. Журавлев А.П., Цыцура А.А., Буянов А.Д., Комплексное обеспыливание промышленных предприятий,-1994. -157 с.
13. Козлов Ю.С., Меньшова В.П., Святкин И.А. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: Учебное пособие / «Агар».- М., 2000.-210 с.

## Приложение А

(обязательное)

Таблица А1- Варианты заданий для расчета категории опасности предприятий

№ варианта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
1	Диоксид азота	3956,3	Предприятие 1
	Диоксид серы	2075,0	
	Оксид углерода	7751,07	
	Пыль летучая (зола)	0,19	
	Пыль известковая	0,88	
	Оксид марганца	0,0015	
2	Диоксид азота	3039,0	Предприятие 2
	Оксид азота	494,0	
	Оксид марганца	0,005	
	Диоксид серы	405,0	
	Оксид углерода	1503,0	
	Мазутная зола (на ванадий)	0,763	
3	Диоксид азота	566,2	Предприятие 3
	Диоксид серы	20642,1	
	Оксид углерода	33427,4	
	Сероводород	173,1	
	Углеводороды (по метану)	841,1	
	Пыль серы	100,1	
4	Диоксид азота	1118,1	Предприятие 4
	Диоксид серы	1744,07	
	Оксид углерода	1002,1	
	Сероводород	7,3	
	Метанол	102,1	
	Сажа	85,3	
5	Диоксид азота	928,1	Предприятие 5
	Сероводород	0,003	
	Оксид углерода	364,2	
	Углеводороды	831,2	
	Пыль металлическая	0,156	
	Оксид углерода	4002,4	
6	Диоксид азота	213,5	Предприятие 6
	Диоксид серы	11,7	
	Оксид углерода	800,2	
	Углеводороды	1238,3	
	Пыль (сод. $\text{Si}_2\text{O}_3 > 70\%$ )	0,3	
	Сероводород	0,02	

Продолжение таблицы А1

№ вари- анта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
7	Диоксид азота	186,0	Предприятие 7
	Диоксид серы	2,7	
	Оксид углерода	551,7	
	Мазутная зола	0,3	
	Углеводороды	0,01	
	Фтористый водород	0,003	
8	Диоксид азота	10,1	Предприятие 8
	Диоксид серы	259,3	
	Оксид углерода	82,1	
	Сероводород	0,3	
	Углеводороды	6,7	
	Сажа	1,7	
9	Диоксид азота	57,7	Предприятие 9
	Диоксид серы	11,6	
	Оксид углерода	58,6	
	Мазутная зола	0,04	
	Углеводороды	21,7	
	Сажа	0,9	
10	Диоксид азота	31,1	Предприятие 10
	Диоксид серы	0,5	
	Оксид углерода	97,9	
	Пыль (сод. $\text{Si}_2\text{O}_3 > 70 \%$ )	122,6	
	Формальдегид	0,21	
	Оксид марганца	0,02	
11	Диоксид азота	21,8	Предприятие 11
	Диоксид серы	0,8	
	Оксид углерода	65,2	
	Пыль ( $\text{Si}_2\text{O}_3$ от 20 до 70 %)	44,2	
	Пыль древесная	4,7	
	Углеводороды	2,0	
12	Диоксид азота	127,8	Предприятие 12
	Диоксид серы	16,51	
	Оксид углерода	626,8	
	Углеводороды	310,2	
	Пыль	1,03	
	Толуол	1,5	

Продолжение таблицы А1

№ варианта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
13	Диоксид азота	7503,1	Предприятие 13
	Диоксид серы	10630,1	
	Оксид углерода	80038,2	
	Сероводород	157,1	
	Пыль каменноугольная	1166,1	
	Пыль коксовая	558,3	
14	Диоксид азота	58,3	Предприятие 14
	Диоксид серы	547,3	
	Сероводород	5,4	
	Оксид углерода	155,3	
	Пыль	235,0	
	Оксид хрома	131,1	
15	Диоксид азота	12,1	Предприятие 15
	Диоксид серы	0,037	
	Оксид углерода	39,47	
	Пыль	70,55	
	Серная кислота	16,5	
	Углеводороды (по метану)	15809,5	
16	Диоксид азота	247,0	Предприятие 16
	Диоксид серы	3446,3	
	Оксид углерода	617,1	
	Углеводороды (по метану)	18709,1	
	Пыль неорганическая	71,3	
	Сероводород	70,1	
17	Диоксид азота	549,5	Предприятие 17
	Диоксид серы	873,08	
	Оксид углерода	15,3	
	Углеводороды (по метану)	263,4	
	Пыль формовочная	392,2	
	Оксид железа	2,5	
18	Диоксид азота	207,1	Предприятие 18
	Диоксид серы	47,9	
	Ксилол	48,13	
	Бензол	21,77	
	Сварочный аэрозоль	5,3	
	Аэрозоль краски	15,1	
19	Диоксид азота	73,8	Предприятие 19
	Диоксид серы	27,3	
	Оксид углерода	25,1	
	Сероводород	0,3	

Продолжение таблицы А1

№ вари- анта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
	Зола	55,1	
	Оксид ванадия	0,009	
20	Диоксид азота	5,8	Предприятие 20
	Диоксид серы	6,9	
	Оксид углерода	123,3	
	Углеводороды	7,3	
	Сварочный аэрозоль	21,5	
	Пыль неорганическая	1678,4	



**Приложение Б**  
(обязательное)

Таблица Б1- Варианты заданий для расчета категории опасности улицы

Название улицы		Интенсивность движения по сезонам, авт./час				Длина улицы, м
		зима	весна	лето	осень	
1	2	3	4	5	6	7
Улица 1	Легковые	500	600	700	750	2000
	Грузовые	350	450	500	400	
	Автобусы	150	150	100	250	
	Всего	1000	1200	1300	1400	
Улица 2	Легковые	550	550	750	800	2500
	Грузовые	370	400	320	340	
	Автобусы	250	330	300	310	
	Всего	1120	1280	1370	1450	
Улица 3	Легковые	900	780	820	1000	3000
	Грузовые	200	360	410	390	
	Автобусы	150	200	230	190	
	Всего	1250	1340	1460	1580	
Улица 4	Легковые	930	1030	840	1010	3500
	Грузовые	330	320	390	410	
	Автобусы	150	190	230	160	
	Всего	1410	1540	1460	1580	
Улица 5	Легковые	1200	1330	1450	1370	4000
	Грузовые	370	370	390	330	
	Автобусы	130	200	160	100	
	Всего	1700	1900	2000	1800	



Продолжение таблицы Б1.

1	2	3	4	5	6	7
Улица 6	Легковые	830	860	910	940	4500
	Грузовые	100	110	115	120	
	Автобусы	70	80	75	90	
	Всего	1000	1050	1100	1150	
Улица 7	Легковые	945	915	970	905	5000
	Грузовые	130	145	120	115	
	Автобусы	105	90	110	60	
	Всего	1180	1150	1200	1080	
Улица 8	Легковые	1110	1050	1150	1010	5500
	Грузовые	90	120	140	180	
	Автобусы	10	80	60	20	
	Всего	1210	1250	1350	1210	
Улица 9	Легковые	1080	1210	1280	990	6000
	Грузовые	170	130	100	220	
	Автобусы	30	40	20	20	
	Всего	1280	1380	1400	1230	
Улица 10	Легковые	1020	1050	1100	980	6500
	Грузовые	200	110	300	160	
	Автобусы	80	90	100	90	
	Всего	1300	1350	1500	1250	
Улица 11	Легковые	700	720	800	780	7000
	Грузовые	130	140	160	105	
	Автобусы	10	20	40	15	
	Всего	840	880	1000	900	

Продолжение таблицы Б1.

1	2	3	4	5	6	7
Улица 12	Легковые	705	810	840	690	7500
	Грузовые	150	190	165	240	
	Автобусы	35	50	55	50	
	Всего	890	1050	1060	980	
Улица 13	Легковые	785	815	860	905	8000
	Грузовые	90	200	190	110	
	Автобусы	45	65	70	55	
	Всего	920	1080	1120	1070	
Улица 14	Легковые	950	960	1000	910	8500
	Грузовые	100	105	135	80	
	Автобусы	50	65	85	20	
	Всего	1100	1130	1220	1010	
Улица 15	Легковые	925	955	1105	965	9000
	Грузовые	110	125	130	175	
	Автобусы	55	60	65	60	
	Всего	1090	1140	1300	1200	
Улица 16	Легковые	13	15	18	14	9500
	Грузовые	7	6	5	9	
	Автобусы	2	4	5	3	
	Всего	22	25	28	26	
Улица 17	Легковые	16	20	22	15	10000
	Грузовые	7	9	11	7	
	Автобусы	5	6	5	4	
	Всего	28	35	38	36	

Продолжение таблицы Б1.

1	2	3	4	5	6	7
Улица 18	Легковые	17	31	35	32	10500
	Грузовые	9	8	10	10	
	Автобусы	6	6	3	4	
	Всего	32	45	48	46	
Улица 19	Легковые	30	36	39	33	11000
	Грузовые	9	15	16	18	
	Автобусы	3	4	3	4	
	Всего	42	55	58	56	
Улица 20	Легковые	37	40	42	38	11500
	Грузовые	13	15	18	17	
	Автобусы	5	6	4	5	
	Всего	55	61	64	60	

## Приложение В

(обязательное)

Таблица В1- Варианты значений ИЗА для расчета критерия качества атмосферы в случае выпадения осадков

Вариант	ИЗА	Вариант	ИЗА
1	2,3	11	6,7
2	2,5	12	6,9
3	2,9	13	7,1
4	3,3	14	7,4
5	3,7	15	7,7
6	4,2	16	7,9
7	4,6	17	8,0
8	5,3	18	1,4
9	5,9	19	1,7
10	6,1	20	1,9

Таблица В 2 - Годовая повторяемость погодных условий за 1998 год на территории исследуемого ТПК

Погодные условия	штиль		1-3 м/с	4-5 м/с	6-7 м/с	8-9 м/с	10-11 м/с	осадки, мм
	инверсии, $v_{\text{диф}} \leq 0,1 \text{ м/с}$	темпер. стратифик., $v_{\text{диф}} = 0,1 - 1,0 \text{ м/с}$						
Повторяемость, %	1,0	9,3	33,4	28,4	15,6	7,5	2,7	2,1