

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра экологии и природопользования

А.И. Байтелова, М.Ю. Гарицкая, О.В. Чекмарева

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕХНОСФЕРЫ

Рекомендовано к изданию Редакционно - издательским советом федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700.62 Техносферная безопасность

Оренбург
2013

УДК 504.5(076)
ББК 20.18 я 7
Б 18

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Т.Ф. Тарасова

Байтелова, А.И.
Б18 Источники загрязнения техносферы: методические указания /
А.И. Байтелова, М.Ю. Гарицкая, О.В. Чекмарева; Оренбургский гос. ун-т.
Оренбург: ОГУ, 2013.- 53 с.
ISBN

В методических указаниях к курсовой работе проводится оценка влияния выбросов вредных примесей от различных промышленных предприятий и автомобильного транспорта на качество атмосферного воздуха урбанизированных территорий при различных метеорологических ситуациях, осуществляется градация территории по экологическому неблагополучию.

Методические указания к курсовой работе предназначены для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700.62 Техносферная безопасность.

УДК 504.5(076)
ББК 20.18 я 7

© Байтелова А.И.
Гарицкая М.Ю.,
Чекмарева О.В., 2013

ISBN

© ОГУ, 2013

Содержание

Введение.....	5
1 Общий порядок выполнения курсовой работы.....	6
1.1 Подбор литературы.....	6
1.2 Составление плана работы и его реализация.....	6
1.3 Оформление курсовой работы.....	8
2 Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия...10	
2.1 Общие положения.....	10
2.2 Расчет загрязнения атмосферы выбросами от промышленных предприятий.....	11
2.2.1 Расчет категорий опасности предприятия и города.....	11
2.2.2 Пример оформления задания.....	12
2.2.3 Пример расчета.....	13
3 Расчет категории опасности улицы (автомобильного транспорта и дороги).....	16
3.1 Общие положения.....	16
3.2 Расчет выбросов от автомобильного транспорта.....	18
3.3 Расчет категории опасности автомобильного транспорта.....	21
3.4 Расчет категории опасности дороги.....	21
3.6 Пример оформления задания.....	22
4 Определение критерия качества атмосферы.....	25
4.1 Общие положения.....	25
4.2 Расчет критерия качества атмосферы.....	26
4.3 Форма отчета о выполненной работе.....	29
4.4 Пример оформления задания.....	32
Список использованных источников.....	39
Приложение А Варианты заданий для расчета категории опасности предприятий.....	40
Приложение Б Варианты заданий для расчета категории опасности улицы....	48

Приложение В Варианты значений ИЗА для расчета критерия качества атмосферы в случае выпадения осадков	52
Приложение Г Годовая повторяемость погодных условий на территории исследуемого ТПК.....	53

Введение

Рост численности населения на планете и интенсификация человеческой деятельности в связи с научно-технической революцией неминуемо приводят к резкому росту антропогенного влияния на природу. Оно выражается в загрязнении биосферы выбросами, сбросами, твердыми отходами различных отраслей промышленности и автомобильного транспорта.

Многие загрязнения с осадками из атмосферы попадают в воду и почву и загрязняют их. Если атмосфера и водная среда могут самоочищаться, то почва таким свойством не обладает: токсичные вещества постоянно накапливаются в ней и приводят к изменению ее состава, которое соответственно вызывает изменения в растительном и животном мире, что не может не сказаться на жизнедеятельности человека. Загрязнение атмосферы, воды и почвы вредными веществами вызывает множество неизлечимых заболеваний, являющихся характерной особенностью современного общества [1].

Для того, чтобы препятствовать этому процессу и контролировать его, необходимо уметь измерять и оценивать вредное влияние антропогенного фактора на окружающую среду. В этой связи необходимо проанализировать все аспекты деятельности человека, которые оказывают особо вредное воздействие на среду. Среди них производство, транспорт, потребление природных ресурсов, использование современной техники и урбанизация. Изучение источников загрязнения среды обитания в данной курсовой работе дает возможность выделить те сферы деятельности человека, которые наносят вред или создают угрозу среде, наметить пути их предотвращения [2].

1 Общий порядок выполнения курсовой работы

1.1 Подбор литературы

Приступая к написанию курсовой работы, целесообразно подобрать необходимую литературу (учебные издания, монографии, научные статьи и другие научные источники), нормативные документы, а также при необходимости практические материалы, иные источники информации, отвечающие специфике учебной дисциплины.

1.2 Составление плана работы и его реализация

План курсовой работы должен логически стройно отражать тему исследования (приложение А). Обязательными разделами плана являются введение, основная часть (4 главы), заключение, список использованной литературы и приложения (при их наличии). Главы основной части могут иметь подразделы (параграфы). Во избежание поверхностного изложения материала целесообразно план курсовой работы не перегружать большим количеством вопросов, не следует также дублировать в плане курсовой работы названия глав, параграфов и т.п., содержащихся в учебниках и учебных пособиях.

Во введении отражается актуальность и значимость исследуемой проблемы, к которой относится тема, излагается история вопроса, дается оценка современного состояния теории и практики, определяются цели, задачи и методы исследования, указывается, какие данные практической деятельности проанализированы и обобщены автором, дается общая характеристика структуры работы.

Основной целью данной курсовой работы является комплексная оценка качества атмосферного воздуха в зоне влияния предприятий различных отраслей промышленности и автомобильного транспорта при различных метеорологических условиях.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить влияние данной отрасли промышленности и автотранспорта на качество атмосферного воздуха;
- провести комплексную оценку качества атмосферного воздуха рассматриваемого промышленного предприятия;
- провести расчет категории опасности автомобильной дороги и транспорта;
- рассчитать на исследуемой территории критерий качества атмосферы при различных метеорологических ситуациях (ветреная погода, штиль и осадки);
- провести ранжирование территории по экологическому неблагополучию на основе полученных значений критерия качества атмосферы и сделать выводы о влиянии различных метеоусловий на экологическую ситуацию.

Введение по объему не должно превышать 2-3 страниц.

В первой главе проводится обзор литературы, рассматриваются влияние предприятий выбранной отрасли промышленности и автомобильного транспорта на качество атмосферного воздуха, основные стадии технологического процесса промышленного предприятия, приводящие к выделению в атмосферу выбросов вредных примесей, а также пути загрязнения воздушной среды автомобильным транспортом.

Во второй главе рассчитываются категории опасности основных вредных веществ, выбрасываемых рассматриваемым предприятием, определяются приоритетные примеси, категория опасности предприятия и размер его санитарно – защитной зоны.

В третьей главе рассчитываются категории опасности основных вредных веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом, определяются приоритетные примеси, категория опасности автотранспорта, автомобильной дороги и территориально – промышленного комплекса.

В четвертой главе рассчитываются категория опасности территории и критерий качества атмосферы при различных метеорологических ситуациях (ветреная погода, штиль и осадки), проводится ранжирование исследуемой территории по экологическому неблагополучию, определяются критические значения скорости ветра, продолжительности штиля и интенсивности осадков.

В заключении следует подвести итоги проделанной работы, в сжатой форме четко сформулировать основные выводы по теме курсовой работы. Все выводы и рекомендации должны вытекать из текста курсовой работы и не затрагивать те аспекты, которые слушателем не рассматривались. Наряду с обобщениями и выводами могут быть сформулированы предложения автора по снижению негативного воздействия рассматриваемых предприятий и автомобильного транспорта на качество атмосферного воздуха.

Список используемой литературы должен включать не менее 10 наименований. В список использованной литературы включаются (в алфавитном порядке и в соответствии с правилами библиографического описания) только те источники, которые использовались при написании курсовой работы. Список составляется в алфавитном порядке по заглавной букве фамилии автора (фамилии первого из коллектива авторов) или названия источника с соблюдением установленных правил оформления библиографических данных. В нем указываются как те источники, на которые в тексте работы ссылается автор, так и все иные, изученные им при подготовке и использованные при написании работы. Для подтверждения важной мысли, существенного положения используются цитирование и статистические данные. В этом случае необходима ссылка на источник, откуда приводятся цитата или статистические данные, оформленная в соответствии с установленными правилами. Заимствования текста из литературы без ссылки на источник не допускаются.

Курсовая работа может сопровождаться приложениями, в которых представлены материалы исследования вспомогательного характера, иллюстрирующие содержание работы в виде таблиц, схем и графиков. Приложения нумеруются, в тексте работы на них делаются ссылки.

1.3 Оформление курсовой работы

Студенту необходимо обратить внимание на правильность оформления курсовой работы. Курсовая работа оформляется слушателем аккуратно, с учетом требований, предъявляемых к литературному оформлению научного труда, согласно

СТО 02069024.101-2010. Не должно быть допущено наличия грамматических и орфографических ошибок. Текст должен быть выполнен на белых листах формата А4 (210x297 мм), через 1,5 интервала (на странице 28-35 строк). Отступы слева - 30 мм; справа – 10 мм, сверху и снизу - 20 мм. Абзацный отступ - 1,5 (5 знаков). Шрифт - Times New Roman Cyr, кегль - 14. В одной строке должно быть 60-65 знаков, пробел между словами считается за один знак. Объем курсовой работы (без учета списка использованной литературы и приложений) должен составлять 40 страниц.

Заголовки пунктов плана основной части работы должны иметь порядковую нумерацию и обозначаться арабскими цифрами. Введение и заключение не нумеруются. Страницы должны иметь сквозную нумерацию, включая приложения. Они должны быть пронумерованы в центре нижней части листа без точки и скреплены в скоросшиватель. Титульный лист считается первой страницей, введение - второй и так далее. Нумерация проставляется, начиная с «Введения». В конце работы приводится список используемой литературы первоисточников, монографий, сборников научных статей, журнальной и газетной периодики. Среди них должны быть, как правило, источники, опубликованные за последние годы, желательно использовать и публикации зарубежных исследователей. После списка литературы следует поставить дату окончания написания работы и подпись автора.

2 Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия

2.1 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 ($ПДК_i$).

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 [3].

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 -го вещества над территорией предприятия до уровня $ПДК_i$. 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 $ПДК_i$ и приведен к одной токсичности.

2.2 Расчет загрязнения атмосферы выбросами от промышленных предприятий

2.2.1 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 [10].

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$КОП = \sum_{i=1}^m КОВ_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (2.1)$$

где m - количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием, т/год;

$КОВ_i$ - категория опасности i -го вещества, м³/с;

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

$ПДК_i$ - среднесуточная предельно – допустимая концентрация вещества в атмосфере населенного пункта, мг/м³;

α_i - безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Значения коэффициента α_i для загрязняющих веществ разных классов опасности

Класс опасности вещества	1	2	3	4
α_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 KOP при отсутствии $ПДК_{cc}$ используют значения $ПДК_{мр}$, $ОБУВ$ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о $ПДК_i$ или $ОБУВ$ (ориентировочно-безопасный уровень вещества), значения KOP приравнивают к массе выбросов данных веществ [4].

Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с граничными условиями, приведенными в таблице 2.2 [9].

Таблица 2.2 - Граничные условия для деления предприятий по категории опасности

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

2.2.2 Пример оформления задания

Данное задание включает в себя исходное задание (приложение А, таблица А.1), формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

- расчет KOP , таблицу с результатами по ранжированию выбросов предприятий по KOB и массе выбросов (таблицы 2.3 – 2.4);

- выводы.

Таблица 2.3 - Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов

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

Таблица 2.4 - Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности (*КОВ*)

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

2.2.3 Пример расчета

Исходные данные представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - $ПДК_{cc}$ и класс опасности для используемых загрязнителей

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

Приоритетными загрязняющими веществами по массе выбросов на комбикормовом заводе являются основные продукты неполного сгорания топлива - угарный газ – 59,1 %, пыль -19,1 % и диоксид азота - 16,5% (таблица 2.6).

Выполнение:

$$KOB_{NO_2} = \left(\frac{3,521 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 3,015 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с}$$

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

$$KOB_{пыль} = \left(\frac{4,092 \cdot 31,7}{0,15} \right)^{1,0} = 864,77 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$KOB_{CO} = \left(\frac{12,643 \cdot 31,7}{0,15} \right)^{0,9} = 81,88 \text{ м}^3/\text{с}$$

Таблица 2.6 - Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов

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		

Расчет категории опасности предприятия:

$$КОП = 3,015 \cdot 10^4 + 720,2 + 864,77 + 81,88 = 3,18 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с}$$

Приоритетным загрязняющим веществом по категории опасности вещества на комбикормовом заводе является наиболее токсичное соединение - диоксид азота (94,82 %). Затем следуют вещества третьего класса опасности: пыль (2,72 %) и диоксид серы (2,26 %). На последнем месте находится соединение четвертого класса опасности - оксид углерода (0,2 %, таблица 2.7).

Таблица 2.7 - Ранжирование выбросов по категории опасности

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значения <i>KOB</i>		Ранг
	м ³ /с	%	
Суммарный по предприятию	3,18 · 10 ⁴	100	
Диоксид азота	3,015 · 10 ⁴	94,82	1
Диоксид серы	720,2	2,26	3
Пыль	864,77	2,72	2
Оксид углерода	81,88	0,2	4

То есть, приоритетным загрязняющим веществом на комбикормовом заводе по массе выбросов является оксид углерода, а по категории опасности вещества - диоксид азота.

Таким образом, комбикормовый завод является предприятием III категории опасности (таблица 2.2), размер его санитарно – защитной зоны составляет 300 м.

3 Расчет категории опасности улицы (автомобильного транспорта и дороги)

3.1 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 городе Оренбурге от суммарного выброса загрязняющих веществ составляет 46,2 %. По сравнению с 2005 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 городе Орске - 7,2 %, Новотроицке - 3,5 %, Кувандыке - 47,8 %.

В состав отработавших газов входят токсичные и поэтому наиболее опасные для здоровья человека вещества: 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 жилых районах города. Особую опасность для окружающей среды эти источники создают тем, что выброс осуществляется в приземном слое воздуха на очень небольшой высоте (до 1,5 м) [5].

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

Свинец образуется при сгорании тетраэтилсвинца (ТЭС) в двигателях внутреннего сгорания, который использовался в России как антидетонатор для повышения октанового числа бензина до 2000 г. Максимальное содержание ТЭС в бензине составляет 0,25 г/кг.

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 от наличия различных препятствий [6].

Токсичные вещества попадают в атмосферу не только в составе отработавших газов. Токсичными являются и сами углеводородные топлива. Особенно бензин, точнее его пары, выходящие из отверстий топливных баков и карбюратора, а также картерные газы двигателя. Предельно допустимая среднесуточная концентрация паров бензина составляет 1,5 мг/м³.

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 (соединения цинка и кадмия).

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

3.2 Расчет выбросов от автомобильного транспорта

Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице рассчитывается по формуле:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{общ}^N \cdot 10^{-6} \quad (3.1)$$

где m_{ij} - приведенный пробеговый выброс г/км

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{ti} \quad (3.2)$$

m_{ij} - пробеговый 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:

$$L_{общ}^N = \sum_t^n L_{сез}^N = \sum_t^n v_{авт} t_g N_{сез}^N \quad (3.3)$$

где $V_{авт}$ - скорость движения транспортных средств, км/ч;

$N_{сез}^N$ - число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, авт/сез.;

t_g - время движения автотранспортного средства по данной улице, ч.

Время движения автомобиля по данной улице рассчитывается по формуле

$$t_g = \frac{L}{V_{авт}} \quad (3.4)$$

где L - длина улицы, км.

Исходя из уравнений (3.3) и (3.4), суммарный годовой пробег автомобилей рассчитывается по формуле

$$L_{общ}^N = \sum_i^n L \cdot N_{сез}^N \quad (3.5)$$

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон (Приложение Б, таблица Б.1), определяется суммированием

$$N_{сез}^N = t \cdot N_{сез} \cdot n \quad (3.6)$$

t - время, в часах;

n - количество дней в сезоне.

Значения приведенного пробега выброса i -го загрязняющего вещества данным типом транспортных средств приведены в таблице 3.1.

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

$$L_{зим}^N = 6 \text{ ч.} \times 1,65 \text{ км} \times 399 \times 91 = 359459 \text{ км}$$

Таблица 3.1 - Приведенный пробеговый выброс для различных видов автотранспорта

Тип автотранспорта	Примеси	Пробеговый выброс, г/км	Коэффициенты			Приведенный пробеговый выброс, г/км
			K _{гi}	K _{тi}	K _{нi}	
1	2	3	4	5	6	7
Легковые	CO	13,0	0,87	1,75	-	19,8
	NO ₂	1,5	0,94	1,0	-	1,4
	CH	2,6	0,92	1,48	-	3,5
	SO ₂	0,076	1,15	1,15	-	0,1
	Pb	0,025	1,15	1,15	-	0,03
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO ₂	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	CH	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO ₂	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 ₂	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	CH	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO ₂	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 ₂	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	CH	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO ₂	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 ₂	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	CH	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO ₂	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

Количество выбросов угарного газа за сезон составляет

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

3.3 Расчет категории опасности автомобильного транспорта

Категорию опасности автомобильного транспорта рассчитывают по аналогии с категорией опасности предприятия

$$KOA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}, \quad (3.7)$$

3.4 Расчет категории опасности дороги

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

$$KOD = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{CV^y}{ПДК_n}, \quad (3.8)$$

где C - концентрация пыли в воздухе улицы, мг/м³;

V^y - объем воздуха, в котором рассеяна пыль, м³.

Количество пыли, выбрасываемое N -ым количеством автомобилей i -го класса, проходящих над поверхностью S_{Ai} рассчитывается по формуле

$$M_a^y = \psi_i \cdot S_{Ai} \cdot N_i \quad (3.9)$$

где S_{Ai} - площадь проекции автомобиля на поверхность дороги, м²;

ψ - сдуваемость пыли, мг/(см² с);

N_i - интенсивность движения автомобилей i -го класса.

Значения удельной сдуваемости ($\psi_i \cdot S_{Ai}$) для различных транспортных средств представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств

Тип АТС	Значения удельной сдуваемости, мг/с
Легковой	$240 \cdot 10^{-3}$
Грузовой	$516 \cdot 10^{-3}$
Автобусы	$541 \cdot 10^{-3}$

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 (ΔV), создаваемый диффузионными процессами определяется по формуле

$$V^y = V_0^y + \Delta V = Sh + \Delta V \quad (3.10)$$

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

$$\Delta V = [2(L \cdot h) + S] v_{диф} \cdot t \quad (3.11)$$

Вероятность таких погодных условий составляет 45 %.

3.5 Расчет категории опасности улицы

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

$$KOY = KOA + КОД \quad (3.12)$$

3.6 Пример оформления задания

Данное задание включает в себя исходное задание, формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

- расчет массы загрязняющих веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом на данной улице, таблицу по суммарному выбросу вредных веществ (таблица 3.3);
- расчет KOA , таблицу с результатами KOB для различного вида транспорта (таблица 3.4);
- выводы.

Таблица 3.3 - 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 _x	SO ₂	Pb	
Легковые							
Грузовые							
Автобусы							
Всего							

Категория опасности территориально-производственного комплекса (KOG) оценивается как сумма категорий опасности предприятий (KOP) и улиц (KOY), расположенных на одной территории:

$$KOG = \sum_{i=1}^n KOP_i + \sum_{i=1}^n KOY_i, \quad (3.13)$$

Таблица 3.4 - Значения категории опасности вещества для различного вида автотранспорта

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Значения КОВ, м ³ /с					КOA, м ³ /с
		CO	CH	NO _x	SO ₂	Pb	
	Легковые						
	Грузовые						
	Автобусы						
	Всего						

4 Определение критерия качества атмосферы

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 [7]. Чем точнее установлено это сочетание, тем с большей надежностью будет осуществляться прогноз возможного накопления примесей в атмосфере. В нашем случае в выбросах от низких и неорганизованных источников увеличение концентрации примеси наблюдается при слабой ветровой активности (скорость ветра менее 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 3 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: приземный слой атмосферы – производство (промышленные предприятия и автотранспорт) – 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. Если смоделировать рассматриваемую систему, то основными элементами модели можно принять:

- генератор (источник) примесей - совокупность предприятий и транспортно - дорожного комплекса, выбрасывающих в атмосферу n-ое количество примесей;
- среда, в которой наблюдается диффузия примеси - атмосфера. Под атмосферой нами подразумевается ее приземный слой высотой 100 м;

- механизм распределения примеси от источника по территории определяется метеоусловиями (ветер, штиль и осадки).

Для экологической оценки данной системы необходимо рассчитать критерий качества атмосферы ($K_{атм}$), 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, токсичность примеси и ее класс опасности, а через категорию опасности территории - емкость среды по примеси. 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. Из определения категории опасности территории следует, что изменение емкости приземного слоя атмосферы территории возможно двумя путями:

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

- через изменение приведенной концентрации примеси.

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. Наиболее сильное загрязнение атмосферы будет иметь место для случая, когда рассеивание примесей осуществляется по механизму молекулярной диффузии (застойные явления в воздушной среде - штиль) [8].

4.2 Расчет критерия качества атмосферы

В случае, когда на территории исследуемого территориально – производственного комплекса (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. 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 [11].

Для ветреной погоды (конвективная диффузия) категория опасности территории, в которой рассеивается примесь при стандартных экологических условиях (ИЗА=1), рассчитывается по формуле (4.1), которая учитывает скорость ветра:

$$KOT = \sum_{i=1}^n \left(\left[0,5\pi R_{\Gamma}^2 + (2R_{\Gamma} + v_{\delta}t) \cdot v_{\epsilon}t \right] \cdot \frac{h_{\epsilon}}{t} \right)^{\alpha} \quad (4.1)$$

где R_{Γ} - радиус территории, м;

v_{δ} - скорость диффузии, м/с;

t - время протекания процесса, с;

v_{ϵ} - скорость ветра, м/с;

h_{ϵ} - высота приземного слоя атмосферы, м;

α - степень, соответствующая классу опасности примесей, присутствующих в атмосфере исследуемой территории.

Для штиля (молекулярная диффузия) категория опасности территории рассчитывается по формуле (4.2), которая учитывает его продолжительность:

$$KOT = \sum_{i=1}^n \left(\pi (R_{\Gamma} + v_{\delta} \cdot t)^2 \cdot \frac{h_{\epsilon}}{t} \right)^{\alpha}, \quad (4.2)$$

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

$$KOT = \left(\frac{V_c}{t_{кр}} \right)^\alpha \cdot \left(\sum_{i=1}^n \eta^i \cdot ИЗА_0^i \right), \quad (4.3)$$

где $\Delta ИЗА^i$ -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

$$K_{атм} = \frac{KOG}{KOT}, \quad (4.4)$$

где KOG -категория опасности города, м³/с.

По изменениям критерия качества атмосферы проводится прогноз и картирование территории города по экологическому неблагополучию 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 выбросов

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 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:

$$K_{атм} = B_{в} \cdot K_{в} + B_{ш} \cdot K_{ш} + B_{ос} \cdot K_{ос}, \quad (4.5)$$

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

$K_{в}, K_{ш}, K_{ос}$ - 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:

- 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_{∂}), м/с	Категория опасности территории, м ³ /с

- расчет категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса для ветреной погоды (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 ветра, м/с.	КОТ, м ³ /с	Величина критерия качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

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

- график зависимости критерия качества атмосферы от скорости ветра;

- выводы;

- граничные условия, расчет категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного

комплекса в условиях штиля (таблица 4.4);

Таблица 4.4-Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса.

Погодная ситуация - (молекулярная диффузия) штиль

Продолжительность штиля, ч	КОТ, м ³ /с	Величина критерия качества атмосферы	Радиус облака, км	Характеристика территории
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

- расчёт радиуса облака загрязняющих веществ, создаваемого исследуемым ТПК в условиях штиля;

- график зависимости критерия качества атмосферы от продолжительности штиля;

- выводы;

- расчет категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого территориально-производственного комплекса при выпадении осадков (таблица 4.5);

Таблица 4.5 – Зависимость категории опасности территории и критерия качества атмосферы от интенсивности осадков для случая конвективной диффузии

I, мм/ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КОТ, м ³ /с										
Катм										

- график зависимости критерия качества атмосферы от интенсивности осадков;

- выводы;

- расчёт среднегодового значения критерия качества атмосферы;

- выводы.

4.4 Пример оформления задания

Расчёт критерия качества атмосферы проведен исходя из следующих граничных условий:

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

- объем воздушной среды, а, значит, и загрязнения определяется механизмами рассеивания примеси в атмосфере - при наличии ветра скорость рассеивания может изменяться в широких пределах ($v_g=1,0 - 10,0$ 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 4.6). В данном случае категория опасности территории зависит от скорости ветра, а в атмосфере формируется факел трапецевидной формы.

Все значения КОТ для конвективной диффузии рассчитаны по формуле 4.1 по четырём приоритетным загрязняющим веществам (диоксиду азота, диоксиду серы, оксиду углерода и пыли) и представлены в таблице 4.7.

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

$$КОТ = ([0,5 \cdot 3,14 \cdot 500^2 + (2 \cdot 500 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 10^4) \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 10^4] \cdot 100 / 1,1 \cdot 10^4)^{1,3} + ([0,5 \cdot 3,14 \cdot 500^2 + (2 \cdot 500 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 10^4) \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 10^4] \cdot 100 / 1,1 \cdot 10^4)^{1,0} + ([0,5 \cdot 3,14 \cdot 500^2 + (2 \cdot 500 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 10^4) \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 10^4] \cdot 100 / 1,1 \cdot 10^4)^{0,9} + ([0,5 \cdot 3,14 \cdot 500^2 + (2 \cdot 500 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 10^4) \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 10^4] \cdot 100 / 1,1 \cdot 10^4)^{0,8}$$

$$\cdot 10^4)^{1,0} = 3,3 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Таблица 4.6 - 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 города, $\text{м}^3/\text{с}$
$0,5 \cdot 10^3$	3,0	0,01	$1,1 \cdot 10^7$

Таблица 4.7 - Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого ТПК. Механизм рассеивания примеси - конвективная диффузия

Скорость, м/с.	КОТ, $\text{м}^3/\text{с}$	Величина критерия качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
1	$3,3 \cdot 10^6$	3,3	11,0	Напряженная зона
3	$1,2 \cdot 10^7$	0,9	33,0	
5	$2,6 \cdot 10^7$	0,6	55,0	
7	$4,2 \cdot 10^7$	0,44	77,0	

Критерий качества атмосферы рассчитывается по формуле 4.4. Так, при скорости ветра, равной 1,0 м/с критерий качества атмосферы соответствует 3,3. Следовательно, в ветреную погоду на исследуемой территории создаётся ситуация с критическими нагрузками ($K_{атм} = 1,1 \cdot 10^7 / 3,3 \cdot 10^6 = 3,3$), то есть приемлемая для населённого пункта (таблица 4.1);

При рассеивании примеси в ветреную погоду расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле

$$L_{к.д.} = v_{в} \cdot t, \quad (4.6)$$

где v_g - скорость ветра, м/с;

t - время воздействия на атмосферу территории, 3 ч.

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

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

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 4.7).

Значения критерия качества атмосферы при конвективной диффузии (таблица 4.7), показывают, что условно чистая атмосфера вообще не может формироваться на исследуемом ТПК. Критические нагрузки возникают лишь при скорости ветра от 1,0 до 3,0 м/с. В условиях направленного воздушного потока при скорости ветра, большей 3,0 м/с на исследуемой территории формируется напряжённая ситуация;

Для наиболее неблагоприятных погодных условий, характеризующихся застоем в атмосфере города, категория опасности территории рассчитывается по формуле 4.2 и определяется продолжительностью штиля. Оценки проведены исходя из следующих граничных условий:

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

- объем воздушной среды, а, значит, и загрязнения определяется механизмами рассеивания примеси в атмосфере - в условиях штиля скорость рассеивания примеси минимальна и равна 0,01 м/с, продолжительность штиля колеблется от 1,0 до 10,0 часов.

Расчёт категории опасности территории вели с учётом исходных величин, характерных для исследуемого ТПК (таблица 4.6). В данном случае категория

опасности территории зависит от продолжительности штиля, а в атмосфере формируется факел сфероидной формы.

Расчёт категории опасности территории при продолжительности штиля, равной 1,0 час ($3,6 \cdot 10^3$ с.) проводится по формуле 4.2 (таблица 4.8).

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

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

Таблица 4. 8 - Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемого ТПК. Погодное условие – штиль

Продолжительность штиля, час.	КОТ, м ³ /с	Величина критерия качества атмосферы	Радиус облака, км	Характеристика территории
0	$3,3 \cdot 10^6$	3,3	0,5	Напряженная
1	$5,2 \cdot 10^5$	21,2	0,54	ЗЭБ
3	$1,9 \cdot 10^5$	55,1	0,61	
6	$1,6 \cdot 10^5$	68,8	0,72	

При продолжительности штиля, равной 1 час, критерий качества атмосферы соответствует 21,2, следовательно, на исследуемой территории создаётся ситуация с экологическим бедствием (таблица 4.1).

При рассеивании примеси в условиях штиля расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле 4.7 и представлено в таблице 4.8.

При рассеивании примеси в условиях штиля расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле

$$R_1 = R_0 + v_{\text{диф}} \cdot t, \quad (4.7)$$

Так, при штиле, продолжительностью 1 час, радиус облака загрязняющих веществ, создаваемый исследуемым источником выбросов, составит

$$R_1 = 500 \text{ м} + 0,01 \text{ м/с} \cdot 3600 \text{ с} = 540 \text{ м},$$

Из результатов расчета следует, что в условиях штиля продолжительностью от 0 до 6,0 часов качество атмосферы урбанизированной территории ухудшается от напряженного до экологического бедствия.

Критерий качества атмосферы также рассчитывается для случая выпадения осадков в виде дождя и снега с интенсивностью от 1 до 10 мм/ч. 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 4.8. 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 ($\alpha=1,3$), следовательно, категорию опасности территории будем рассчитывать только по нему. Для этого преобразуем формулу (4.3) в

$$КОТ = \left(\frac{\pi \cdot R_{\Gamma}^2 \cdot h_{\text{г}}}{t_{\text{кр}}} \text{ИЗА}(\text{NO}_2) \right)^{\alpha} \cdot (I \cdot \eta(\text{NO}_2)), \quad (4.8)$$

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

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

Полученная при различных значениях интенсивности осадков категория опасности территории представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Зависимость категории опасности территории и критерия качества атмосферы от интенсивности осадков

I, мм/ч	1	3	5	7
КОТ, м ³ /с	$3,8 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,9 \cdot 10^8$	$2,7 \cdot 10^8$
Катм	0,3	0,1	0,06	0,04

Значения критерия качества атмосферы при различной интенсивности осадков рассчитываются по формуле 4.4. Для этого категорию опасности исследуемого источника разделим на полученную категорию опасности территории и представим в таблице 4.9.

Из результатов расчета следует, что при условии выпадения осадков интенсивностью от 1 до 7 мм/ч качество атмосферы соответствует условно чистой и в ней 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.

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 77,4 %), повторяемость штиля составляет 10,3 %, Годовая повторяемость осадков составляет 2,1 % (приложение Г, таблица Г.1). То есть метеоусловия на исследуемой территории должны способствовать хорошему рассеиванию примесей, выбрасываемых промышленными предприятиями и автотранспортом. Но из-за малого количества выпадающих осадков атмосфера данной территории имеет низкую способность к самоочищению.

Критерии качества атмосферы, рассчитанные соответственно для разных погодных условий (ветра, штиля и осадков $K_v, K_{шт}$ и $K_{ос}$) приведены в таблицах 4.7 - 4.9.

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

$$K_{атм} = (3,3 + 0,9) \cdot 0,334 + 0,6 \cdot 0,284 + 0,44 \cdot 0,156 + 68,8 \cdot 0,103 + 0,3 \cdot 0,021 = 8,56;$$

Таким образом, в усреднённых метеоусловиях исследуемый территориально-промышленный комплекс относится к зоне экологического бедствия ($K_{атм} = 8,56$), то есть не может считаться приемлемым для населённого пункта.

Список использованных источников

1. Акимова, Т.А. Экология : учебник для вузов / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. – 566 с.;
2. Байтелова, А.И. Источники загрязнения среды обитания : учебное пособие / А.И. Байтелова, М.Ю. Гарицкая, В.Ф. Куксанов. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – 189 с.;
3. Байтелова, А. И. Промышленная экология : учебное пособие : в 2 ч. / А. И. Байтелова, М. Ю. Гарицкая, О. В. Чекмарева; Министерство образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высшего профессионального образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2010. Ч. 1.: - , 2010. - 145 с.: ил. - Библиогр.: с. 144. - ISBN 978-5-7410-1006-8.;
4. Зайцев, В.А. Промышленная экология: учебное пособие / В.А. Зайцев. – М.: ДеЛи, 1998. – 140 с.;
5. Козлов, Ю.С. Экологическая безопасность автомобильного транспорта : учебное пособие / Ю.С. Козлов, В.П. Меньшова, И.А. Святкин. - М., 2000. - 210 с.;
6. Луканин, В.Н. Промышленно-транспортная экология: учебник для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В.Трофименко. - М.: Высшая школа, 2003. – 273 с.;
7. Новиков, Ю.В. Среда обитания и человек : учебное пособие / Ю.В. Новиков, Е.М. Подольский. - М.: Высшая школа, 1994. - 410 с.;
8. Охрана окружающей среды : учебное пособие / под ред. С.В. Белова. - М.: Высшая школа, 1991. - 319 с.;
9. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 528 с.;
10. Рекомендации по делению промышленных предприятий по категории опасности вещества. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04.186-89). – М.: Гидрометеиздат, 1991. - 683 с.;
11. Цыцура, А.А. Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов Оренбургской области / А.А Цыцура, В.М. Боев, В.Ф. Куксанов, Е.А. Старокожева. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 1999. – 168 с.

Приложение А
(обязательное)

Варианты заданий для расчета категории опасности предприятий

Таблица А.1- Варианты заданий для расчета категории опасности предприятий

№ варианта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Класс опасности	ПДКсс, мг/м ³	Отрасль промышленности
1	2	3	4	5	6
1	Диоксид азота	3956,3	2	0,04	Пищевая промышленность (хлебозавод)
	Диоксид серы	2075,0	3	0,05	
	Оксид углерода	7751,07	4	3	
	Пыль летучая (зола)	0,19	4	4	
	Асбестоцемент	0,88	4	6	
	Оксид марганца	0,0015	2	0,001	
2	Диоксид азота	3039,0	2	0,04	Газоперерабатывающая промышленность
	Оксид азота	494,0	3	0,06	
	Оксид марганца	0,005	2	0,001	
	Диоксид серы	405,0	3	0,05	
	Оксид углерода	1503,0	4	3	
	Мазутная зола (на ванадий)	0,763	1	0,002	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
3	Диоксид азота	566,2	2	0,04	Газодобывающая промышленность
	Диоксид серы	20642,1	3	0,05	
	Оксид углерода	33427,4	4	3	
	Сероводород	173,1	2	0,008	
	Углеводороды (по метану)	841,1	4	50	
	Пыль хлопковая	100,1	3	0,05	
4	Диоксид азота	1118,1	2	0,04	Комбикормовый завод
	Диоксид серы	1744,07	3	0,05	
	Оксид углерода	1002,1	4	3	
	Сероводород	7,3	2	0,008	
	Этилбензол	102,1	3	0,02	
	Сажа	85,3	3	0,15	
5	Диоксид азота	928,1	2	0,04	Мукомольный завод
	Сероводород	0,003	2	0,008	
	Оксид углерода	364,2	4	3	
	Углеводороды	831,2	4	50	
	Известняк	0,156	4		
	Сажа	4002,4	4	0,15	
6	Диоксид азота	213,5	2	0,04	Нефтедобывающая промышленность
	Диоксид серы	11,7	3	0,05	
	Оксид углерода	800,2	4	3	
	Углеводороды	1238,3	4	50	
	Пыль (сод. $\text{Si}_2\text{O}_3 > 70\%$)	0,3	3	0,05	
	Сероводород	0,02	2	0,008	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
7	Диоксид азота	186,0	2	0,04	Нефтеперерабатывающая промышленность
	Диоксид серы	2,7	3	0,05	
	Оксид углерода	551,7	4	3	
	Зола горючих сланцев	0,3	4	4	
	Углеводороды	0,01	4	50	
	Фтористый водород	0,003	2	0,005	
8	Диоксид азота	10,1	2	0,04	Машиностроительная промышленность
	Диоксид серы	259,3	3	0,05	
	Оксид углерода	82,1	4	3	
	Сероводород	0,3	2	0,008	
	Углеводороды	6,7	4	50	
	Сажа	1,7	3	0,05	
9	Диоксид азота	57,7	2	0,04	Горнодобывающая промышленность
	Диоксид серы	11,6	3	0,05	
	Оксид углерода	58,6	4	3	
	Хлор	0,04	2	0,03	
	Углеводороды	21,7	4	50	
	Сажа	0,9	3	0,05	
10	Диоксид азота	31,1	2	0,04	Молокозавод
	Диоксид серы	0,5	3	0,05	
	Оксид углерода	97,9	4	3	
	Пыль (сод. Si ₂ O ₃ > 70 %)	122,6	3	0,05	
	Формальдегид	0,21	2	0,003	
	Оксид марганца	0,02	2	0,001	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
11	Диоксид азота	21,8	2	0,04	Строительная промышленность
	Диоксид серы	0,8	3	0,05	
	Оксид углерода	65,2	4	3	
	Пыль (Si ₂ O ₃ от 20 до 70 %)	44,2	3	0,1	
	Пыль древесная	4,7	4	6	
	Углеводороды	2,0	4	50	
12	Диоксид азота	127,8	2	0,04	Сельское хозяйство
	Диоксид серы	16,51	3	0,05	
	Оксид углерода	626,8	4	3	
	Углеводороды	310,2	4	50	
	Пыль	1,03	3	0,15	
	Толуол	1,5	3	0,6	
13	Диоксид азота	7503,1	2	0,04	Добыча полезных ископаемых
	Диоксид серы	10630,1	3	0,05	
	Оксид углерода	80038,2	4	3	
	Сероводород	157,1	2	0,008	
	Пыль каменноугольная	1166,1	4	10	
	Пыль коксовая	558,3	4	6	
14	Диоксид азота	58,3	2	0,04	Черная металлургия
	Диоксид серы	547,3	3	0,05	
	Сероводород	5,4	2	0,008	
	Оксид углерода	155,3	4	3	
	Пыль	235,0	3	0,15	
	Оксид хрома	131,1	1	0,0015	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
15	Диоксид азота	12,1	2	0,04	Цветная металлургия
	Диоксид серы	0,037	3	0,05	
	Оксид углерода	39,47	4	3	
	Пыль	70,55	3	0,15	
	Серная кислота	16,5	2	0,1	
	Углеводороды (по метану)	15809,5	4	50	
16	Диоксид азота	247,0	2	0,04	Автотранспортная промышленность
	Диоксид серы	3446,3	3	0,05	
	Оксид углерода	617,1	4	3	
	Углеводороды (по метану)	18709,1	4	50	
	Пыль неорганическая	71,3	3	0,05	
	Сероводород	70,1	2	0,008	
17	Диоксид азота	549,5	2	0,04	Городское хозяйство
	Диоксид серы	873,08	3	0,05	
	Оксид углерода	15,3	4	3	
	Углеводороды (по метану)	263,4	4	50	
	Бензол	392,2	2	0,1	
	Оксид железа	2,5	3	0,04	
18	Диоксид азота	207,1	2	0,04	Угольная промышленность
	Диоксид серы	47,9	3	0,05	
	Ксилол	48,13	3	0,2	
	Бензол	21,77	2	0,1	
	Йод	5,3	2	0,03	
	Нафталин	15,1	4	0,003	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
19	Диоксид азота	73,8	2	0,04	Топливоно – энергетический комплекс
	Диоксид серы	27,3	3	0,05	
	Оксид углерода	25,1	4	3	
	Сероводород	0,3	2	0,008	
	Зола	55,1	4	4	
	Оксид ванадия	0,009	1	0,002	
20	Диоксид азота	27,1	2	0,04	Лесоперерабатывающая промышленность
	Диоксид серы	84,5	3	0,05	
	Оксид углерода	11,9	4	3	
	Акролеин	8,7	2	0,03	
	Альдегид масляный	6,3	3	0,015	
	Аммиак	71,8	4	0,04	
21	Диоксид азота	13,6	2	0,04	Гидроэлектростанции
	Диоксид серы	52,6	3	0,05	
	Оксид углерода	36,8	4	3	
	Барий углекислый	84,7	1	0,004	
	Бензин	1,6	4	1,5	
	Бром	0,9	2	0,04	
22	Диоксид азота	0,06	2	0,04	Химическая промышленность
	Диоксид серы	24,7	3	0,05	
	Оксид углерода	31,5	4	3	
	Бутан	8,9	4	200	
	Взвешенные вещества	0,99	3	0,15	
	Диэтиламин	56,7	4	0,05	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
23	Диоксид азота	0,05	2	0,04	Производство удобрений
	Диоксид серы	6,8	3	0,05	
	Оксид углерода	27,3	4	3	
	Диэтилртуть	56,2	1	0,0003	
	Сульфат железа	19,8	3	0,007	
	Оксид кадмия	24,6	2	0,001	
24	Диоксид азота	6,8	2	0,04	Транспортная промышленность
	Диоксид серы	7,3	3	0,05	
	Оксид углерода	19,6	4	3	
	Уксусная кислота	43,7	3	0,06	
	Кобальт	39,1	1	0,001	
	Мышьяк	5,9	2	0,003	
25	Диоксид азота	65,2	2	0,04	Нефтяная промышленность
	Диоксид серы	28,2	3	0,05	
	Оксид углерода	5,6	4	3	
	Никель	21,6	2	0,001	
	Нитробензол	4,9	2	0,008	
	Озон	14,7	1	0,03	
26	Диоксид азота	5,9	2	0,04	Ядерная промышленность
	Диоксид серы	0,065	3	0,05	
	Оксид углерода	0,67	4	3	
	Ртуть	0,31	1	0,0003	
	Фенол	1,21	2	0,003	
	Углерода тетрахлорид	51,2	2	0,7	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
27	Диоксид азота	33,8	2	0,04	Атомная промышленность
	Диоксид серы	1,8	3	0,05	
	Оксид углерода	0,52	4	3	
	Свинец	43,2	1	0,0003	
	Трихлорметан	6,3	2	0,03	
	Стирол	39,1	2	0,002	
28	Диоксид азота	27,4	2	0,04	Черная металлургия
	Диоксид серы	56,3	3	0,05	
	Оксид углерода	2,8	4	3	
	Спирт этиловый	7,1	4	5	
	Сероуглерод	44,6	2	0,005	
	Свинец сернистый	0,87	1	0,0017	
29	Диоксид азота	8,7	2	0,04	Цветная металлургия
	Диоксид серы	55,6	3	0,05	
	Оксид углерода	3,2	4	3	
	Спирт метиловый	44,7	3	0,5	
	Хлороводород	7,3	2	0,2	
	Циклогексан	31,9	4	1,4	
30	Диоксид азота	5,8	2	0,04	Топливоно – энергетический комплекс
	Диоксид серы	6,9	3	0,05	
	Оксид углерода	123,3	4	3	
	Углеводороды	7,3	4	50	
	Этилбензол	21,5	3	0,02	
	Пыль неорганическая	1678,4	3	0,05	

Приложение Б
(обязательное)

Варианты заданий для расчета категории опасности улицы

Таблица Б.1- 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	
Улица 2	Легковые	550	550	750	800	2500
	Грузовые	370	400	320	340	
	Автобусы	250	330	300	310	
Улица 3	Легковые	900	780	820	1000	3000
	Грузовые	200	360	410	390	
	Автобусы	150	200	230	190	
Улица 4	Легковые	930	1030	840	1010	3500
	Грузовые	330	320	390	410	
	Автобусы	150	190	230	160	
Улица 5	Легковые	1200	1330	1450	1370	4000
	Грузовые	370	370	390	330	
	Автобусы	130	200	160	100	
Улица 6	Легковые	945	915	970	905	5000
	Грузовые	130	145	120	115	
	Автобусы	105	90	110	60	

Продолжение таблицы Б.1.

1	2	3	4	5	6	7
Улица 7	Легковые	830	860	910	940	4500
	Грузовые	100	110	115	120	
	Автобусы	70	80	75	90	
Улица 8	Легковые	1110	1050	1150	1010	5500
	Грузовые	90	120	140	180	
	Автобусы	10	80	60	20	
Улица 9	Легковые	1080	1210	1280	990	6000
	Грузовые	170	130	100	220	
	Автобусы	30	40	20	20	
Улица 10	Легковые	1020	1050	1100	980	6500
	Грузовые	200	110	300	160	
	Автобусы	80	90	100	90	
Улица 11	Легковые	700	720	800	780	7000
	Грузовые	130	140	160	105	
	Автобусы	10	20	40	15	
Улица 12	Легковые	705	810	840	690	7500
	Грузовые	150	190	165	240	
	Автобусы	35	50	55	50	
Улица 13	Легковые	785	815	860	905	8000
	Грузовые	90	200	190	110	
	Автобусы	45	65	70	55	
Улица 14	Легковые	950	960	1000	910	8500
	Грузовые	100	105	135	80	
	Автобусы	50	65	85	20	
Улица 15	Легковые	925	955	1105	965	9000
	Грузовые	110	125	130	175	
	Автобусы	55	60	65	60	

Продолжение таблицы Б.1.

Улица 16	Легковые	13	15	18	14	9500
	Грузовые	7	6	5	9	
	Автобусы	2	4	5	3	
Улица 17	Легковые	16	20	22	15	10000
	Грузовые	7	9	11	7	
	Автобусы	5	6	5	4	
Улица 18	Легковые	17	31	35	32	10500
	Грузовые	9	8	10	10	
	Автобусы	6	6	3	4	
Улица 19	Легковые	30	36	39	33	11000
	Грузовые	9	15	16	18	
	Автобусы	3	4	3	4	
Улица 20	Легковые	30	36	39	33	3800
	Грузовые	9	15	16	18	
	Автобусы	3	4	3	4	
Улица 21	Легковые	30	36	39	33	4560
	Грузовые	9	15	16	18	
	Автобусы	3	4	3	4	
Улица 22	Легковые	30	36	39	33	23050
	Грузовые	9	15	16	18	
	Автобусы	30	36	39	33	
Улица 23	Легковые	386	111	54	76	7890
	Грузовые	44	37	67	88	
	Автобусы	58	48	88	3	
Улица 24	Легковые	91	94	49	99	11500
	Грузовые	9	15	16	18	
	Автобусы	3	4	3	4	

Продолжение таблицы Б.1.

Улица 25	Легковые	86	21	65	167	3370
	Грузовые	13	65	19	76	
	Автобусы	45	2	7	5	
Улица 26	Легковые	9	165	37	242	19800
	Грузовые	33	39	69	45	
	Автобусы	96	75	16	8	
Улица 27	Легковые	89	103	105	98	21970
	Грузовые	77	47	34	107	
	Автобусы	19	81	71	33	
Улица 28	Легковые	169	100	201	173	10900
	Грузовые	67	63	38	104	
	Автобусы	45	5	25	3	
Улица 29	Легковые	137	142	99	126	1300
	Грузовые	66	59	31	83	
	Автобусы	31	15	28	26	
Улица 30	Легковые	199	121	107	157	4780
	Грузовые	49	82	48	19	
	Автобусы	55	61	64	60	

Приложение В
(обязательное)

**Варианты значений ИЗА для расчета критерия качества атмосферы в
случае выпадения осадков**

Таблица В.1- Варианты значений ИЗА для расчета критерия качества атмосферы в случае выпадения осадков

Вариант	ИЗА	Вариант	ИЗА
1	2,3	16	6,7
2	2,5	17	6,9
3	2,9	18	7,1
4	3,3	19	7,4
5	3,7	20	7,7
6	4,2	21	7,9
7	4,6	22	8,0
8	5,3	23	1,4
9	5,9	24	1,7
10	2,0	25	4,9
11	3,1	26	6,5
12	6,1	27	1,9
13	5,1	28	4,5
14	2,4	29	5,7
15	3,9	30	6,5

Приложение Г
(обязательное)

**Годовая повторяемость погодных условий на территории исследуемого
ТПК**

Таблица Г.1 - Годовая повторяемость погодных условий на территории
исследуемого ТПК

Погодные условия	штиль	1-3 м/с	4-5 м/с	6-7 м/с	осадки
Повторяемость, %	10,3	33,4	28,4	15,6	2,1