



**Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»**

**Н.А. Чернецкая**

## **ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ**

**Расчет загрязнения атмосферы выбросами  
промышленных предприятий**

Методические указания  
к выполнению практической работы по дисциплине  
«Экология» для студентов технических и экономических  
специальностей всех форм обучения

Рубцовск 2010

УДК 574 (075.8)

Чернецкая Н.А. Защита атмосферы. Расчет загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий: Методические указания к выполнению практической работы по дисциплине «Экология» для студентов технических и экономических специальностей всех форм обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2010. - 28 с.

Предназначены в качестве руководства при выполнении студентами практической работы по дисциплине «Экология». Содержат требования к содержанию и оформлению работы, методику и пример расчета, варианты индивидуальных расчетных заданий, список литературы.

Рассмотрены и одобрены  
на заседании кафедры  
«Наземные транспортные  
системы» РИИ.  
Протокол №2 от 24.09.10.

Рецензент: к.т.н., доцент

А.С. Демидов

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
<b>1 ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ</b>	5
1.1 Контроль качества атмосферного воздуха	5
1.2 Нормирование качества атмосферного воздуха	6
<b>2 РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b>	9
2.1 Расчет концентраций, обусловленных выбросами одиночного источника	10
2.1.1 Основная расчетная формула	10
2.1.2 Климатический коэффициент $A$ , зависящий от температурной стратификации атмосферы	11
2.1.3 Коэффициент $F$ , учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере	11
2.1.4 Коэффициенты $m$ и $n$ , учитывающие подъем факела под трубой	12
2.1.5 Расстояние $X_m$ от источника до координаты максимума концентраций	13
2.1.6 Опасная скорость ветра $U_m$	13
2.1.7 Предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ВДВ)	14
2.1.8 Пример расчета	14
<b>3 ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ</b>	16
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	28

## ВВЕДЕНИЕ

*Загрязнение атмосферы* - привнесение в атмосферу или образование в ней физико-химических агентов и веществ, обусловленное как природными, так и антропогенными факторами. Естественными источниками загрязнения атмосферы служат вулканизм, лесные пожары, пыльные бури, выветривание и пр. Эти факторы не угрожают отрицательными последствиями природным экосистемам, за исключением некоторых катастрофических природных явлений. Например, извержение вулкана Кракатау в 1883 г., когда в атмосферу было выброшено  $18 \text{ км}^3$  тонко измельченного пеплового материала; извержение вулкана Катмай (Аляска) в 1912 г., выбросившего  $20 \text{ км}^3$  рыхлых продуктов. Пепел этих извержений распространился на большую часть поверхности Земли и вызвал уменьшение притока солнечной радиации на 10-20%, что привело в северном полушарии к понижению среднегодовой температуры воздуха на  $0,5^\circ\text{C}$  [1].

Однако в последние десятилетия антропогенные факторы загрязнения атмосферы стали превышать по масштабам естественные, приобретая глобальный характер. Они могут оказывать различные воздействия на атмосферу: непосредственное - на состояние атмосферы (нагревание, изменение влажности и др.); воздействие на физико-химические свойства атмосферы (изменение состава, увеличение концентрации  $\text{CO}_2$ , аэрозолей, фреонов и пр.); воздействие на свойства подстилающей поверхности (изменение величины альбедо, системы "океан-атмосфера" и др.) (Израэль, 1984). К основным источникам загрязнения относятся: промышленные предприятия, транспорт, теплоэнергетика, сельское хозяйство и др. Среди отраслей промышленности особенно токсичные выбросы в атмосферу дают предприятия цветной металлургии, химической, нефтехимической, черной металлургии, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и т.д.

В настоящих методических указаниях приведены материалы, необходимые для выполнения практической работы по дисциплине «Экология» для студентов технических и экономических специальности всех форм обучения.

В методических указаниях рассмотрены вопросы «Контроль качества атмосферного воздуха» и «Нормирование качества атмосферного воздуха», приведена методика расчета загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий и пример расчета по данной методике, а также варианты задач для самостоятельного решения и список использованных источников.

## 1 ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ

### 1.1 Контроль качества атмосферного воздуха

Проблема загрязнения воздуха в городах и общее ухудшение качества атмосферного воздуха вызывает серьезную озабоченность. Для оценки уровня загрязнения атмосферы в 506 городах России создана сеть постов общегосударственной службы наблюдений и контроля за загрязнением атмосферы как части природной среды. На сети определяется содержание в атмосфере различных вредных веществ, поступающих от антропогенных источников выбросов. Наблюдения проводятся сотрудниками местных организаций Госкомгидромета, Госкомэкологии, Госсанэпиднадзора, санитарно-промышленных лабораторий различных предприятий. В некоторых городах наблюдения проводятся одновременно всеми ведомствами.

Контроль качества атмосферного воздуха в населенных пунктах организуется в соответствии с ГОСТом 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов», для чего устанавливаются **три категории** постов наблюдений за загрязнением атмосферы: **стационарный, маршрутный, передвижной или подфакельный.**

**Стационарные посты** предназначены для обеспечения непрерывного контроля за содержанием загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего контроля, для этого в различных районах города устанавливаются стационарные павильоны, оснащенные оборудованием для проведения регулярных наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы. Регулярные наблюдения проводятся и на **маршрутных постах**, с помощью оборудованных для этой цели автомашин. Наблюдения на стационарных и маршрутных постах в различных точках города позволяет следить за уровнем загрязнения атмосферы. В каждом городе проводят определения концентраций основных загрязняющих веществ, т.е. тех, которые выбрасываются в атмосферу почти всеми источниками: пыль, оксиды серы, оксиды азота, оксид углерода и др. Кроме того, измеряются концентрации веществ, наиболее характерных для выбросов предприятий данного города, например, в Барнауле - это пыль, диоксиды серы, и азота, оксид углерода, сероводород, сероуглерод, фенол, формальдегид, сажа и др. вещества.

Для изучения особенностей загрязнения воздуха выбросами отдельных промышленных предприятий проводятся измерения концентраций с подветренной стороны под дымовым факелом, выходящим из труб предприятия, на разном расстоянии от него. **Подфакельные** наблюдения проводятся на автомашине или на стационарных постах. Чтобы детально ознакомиться с особенностями загрязнения воздуха, создаваемого автомобилями, проводятся специальные обследования вблизи магистралей.

## 1.2 Нормирование качества атмосферного воздуха

Основной величиной экологического нормирования содержания вредных веществ в воздухе является **предельно-допустимая концентрация (ПДК)**.

**ПДК** - это такое содержание вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

При определении ПДК учитывается не только влияние вредных веществ на здоровье людей, но и их воздействие на растительность, животных, микроорганизмы, климат, прозрачность атмосферы, а также на природные сообщества в целом.

В России **ПДК** вредных веществ были введены в 1951 году, они устанавливаются Минздравом РФ.

Для санитарной оценки воздушной среды используются несколько видов предельно-допустимых концентраций вредных веществ:

- предельно-допустимая концентрация для воздуха рабочей зоны ( $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$ );
- предельно-допустимая концентрация для атмосферного воздуха, максимально-разовая ( $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ) и среднесуточная ( $\text{ПДК}_{\text{ср.с}}$ );
- предельно-допустимая концентрация для мест воздухозабора на заводской площадке, которая принимается равной 30% ПДК для рабочей зоны.

$\text{ПДК}_{\text{р.з}}$  - предельно-допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны,  $\text{мг/м}^3$ . Эта концентрация не должна вызывать у работающих при ежедневном вдыхании в течение 8 ч за все время рабочего стажа каких-либо заболеваний или отклонений от нормы в состоянии здоровья, которые могли быть обнаружены современными методами исследования непосредственно во время работы или в отдаленные сроки жизни. При этом **рабочей зоной** считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой расположены рабочие места. В настоящее время действуют ПДК для более 400 вредных веществ в воздухе рабочей зоны, которые приведены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБХ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов регламентируются «Списком ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» № 086-84, утвержденным Минздравом СССР 27.09.84 и дополнениями к нему, которые приведены в РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» [2]. В «Списке...» установлены: класс опасности вещества, предельно-допустимые максимально-разовая и среднесуточная концентрации примесей.

$\text{ПДК}_{\text{м.р}}$  - это концентрация, которая оказывает немедленное воздействие на организм человека (запах, световое ощущение и т.п.) при 20-минутном воздействии вещества;

$ПДК_{ср.с}$  - эта концентрация вредного вещества не должна оказывать прямого или косвенного вредного воздействия на организм человека в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания, она устанавливается для веществ, способных накапливаться в организме, вызывая в нем вредные изменения.

В настоящее время установлены ПДК вредных веществ в воздухе населенных мест для более 100 загрязняющих веществ, наиболее распространенные из которых приведены в таблице 1.

Для вредных веществ, ПДК которых не утверждены, определены **ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ)** загрязняющих веществ в атмосфере населенных пунктов. ОБУВ утверждается сроком на три года.

В тех случаях, когда вещества могут оказывать немедленное воздействие в сочетании с накоплением в организме, для них устанавливаются максимально-разовая и среднесуточная ПДК. В большинстве случаев при соблюдении максимально-разовых ПДК среднесуточные концентрации оказываются ниже соответствующих им  $ПДК_{м.р.}$ . Поэтому проверка достаточности намечаемых мероприятий по защите атмосферы, как правило, производится по максимально-разовым ПДК. Но, если предприятия расположены вокруг жилого массива, который большую часть суток находится в задымленной зоне, при расчетах в целом по массиву проверку мероприятий осуществляют по среднесуточным ПДК.

Учитывая, что некоторые химические вещества при их совместном присутствии в атмосфере могут усиливать взаимное воздействие на организм, т.е. обладают **эффектом суммации**, он был введен в качестве норматива для многих вредных веществ. При этом должно выполняться условие:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_m}{ПДК_m} < 1,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_m$  - концентрация вредных веществ в воздухе  $мг/м^3$ ;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_m$  - предельно-допустимые концентрации в атмосферном воздухе, устанавливаемые для каждого вещества,  $мг/м^3$ .

Эффектом суммации обладают:

1. Ацетон, фенол.
2. Озон, диоксид азота и формальдегид.
3. Диоксид серы и аэрозоль серной кислоты.
4. Диоксид серы и сероводород.
5. Диоксид серы и диоксид азота.
6. Диоксид серы, и оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства.
7. Диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и фенол.
8. Диоксид серы и фенол.
9. Оксид и диоксид серы, аммиак и оксид азота.

10. Сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная).

11. Углерода оксид и пыль цементного производства.

Таблица 1

**Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (список № 3086-84) [3]**

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>		
	Максимально разовая	Среднесуточная	Класс опасности
Азота диоксид	0,085	0,04	2
Азота оксид	0,6	0,06	3
Аммиак	0,2	0,04	4
Бенз (а) пирен	-	0,1 мкг/100 м <sup>3</sup>	1
Взвешенные вещества (недифференцированная по составу пыль (аэрозоль), содержащаяся в воздухе населенных пунктов)	0,5	0,15	3
Кислота азотная по молекуле HNO <sub>3</sub>	0,4	0,15	2
Кислота серная по молекуле H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -	0,3	0,1	2
Кислота уксусная	0,2	0,06	3
Озон	0,16	0,03	1
Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния в %: выше 70 (диас и др.)	0,15	0,05	3
70-20 (шамот, цемент и др.)	0,3	0,1	3
ниже 20 (доломит и др.)	0,5	0,15	3
Ртуть металлическая	-	0,0003	1
Сажа	0,15	0,05	3
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в перерасчете на свинец)	-	0,0003	1
Сероводород	0,008	-	2
Сероуглерод	0,03	0,005	2
Толуол	0,6	0,6	3
Углерода оксид	5	3	4
Фенол	0,01	0,003	2
Формальдегид	0,035	0,003	2
Хлор	0,05	0,03	2
Циановодород	-	0	1

Практика показывает, что действующие предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ отвечают лишь требованиям поддержания безопасного уровня их содержания в соответствующей среде. Что касается объема и состава выбросов загрязняющих веществ отдельным предприятием или каким-либо другим источником, то контролировать их через ПДК затруднительно. Поэтому в стране разработаны **нормы временно согласованных и предельно-допустимых выбросов в атмосферу**, которые

вводятся в действие с учетом соблюдения установленных нормативов предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ.

**Временно согласованные выбросы (ВСВ)** - это выбросы, существующие сейчас или которые будут существовать после осуществления промежуточной реконструкции на предприятиях с внедрением наилучшей достигнутой технологии производства.

**Предельно-допустимые выбросы (ПДВ)** - это выбросы, обеспечивающие предельно-допустимую для населенной зоны концентрацию (ПДК) вредного вещества от данного источника (если он в районе один) или установленную для него долю ПДК (если в районе ряд источников той же вредности) и устанавливаются в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 "Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями".

При установлении ПДВ для каждого предприятия принимается во внимание перспектива развития промышленного производства в этом районе, расположение уже действующих предприятий и жилой застройки, географические климатические условия местности, расположение санитарно-защитных и рекреационных зон.

Если в воздухе города концентрации вредных веществ превышают ПДК, а их выбросы по причинам объективного характера не могут быть в данный момент снижены до уровня ПДВ, в городе может быть введено поэтапное снижение выбросов вредных веществ действующими предприятиями до значений, обеспечивающих ПДК вредных веществ; или до полного прекращения выбросов. На каждом этапе до обеспечения величин ПДВ устанавливают временно согласованные выбросы (ВСВ) по аналогии с предприятиями, близкими по мощности и типу производства, с наиболее прогрессивной технологией.

## **2 РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Вредные вещества, выбрасываемые из труб и вентиляционных устройств промышленных предприятий, рассеиваются в атмосфере.

На процесс рассеивания выбросов оказывают влияние:

- состояние атмосферы;
- расположение предприятий;
- характер местности;
- физические и химические свойства выбрасываемых веществ;
- высота источника выбросов;
- диаметр устья источника и др.

Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания и определения приземных концентраций веществ, выбрасываемых предприятиями, является ОНД - 86.

Для характеристики объема вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу отдельными источниками загрязнения, установлена величина

**предельно-допустимого выброса (ПДВ)**, которая рассчитывается по ОНД-86 и регламентируется ГОСТ 17.2.3.02-78.

В основу «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» - ОНД-86 положено условие, при котором **суммарная концентрация каждого вредного вещества ( $C_{\Sigma}$ , мг/м<sup>3</sup>) не должна превышать максимально разовую ПДК данного вещества в атмосферном воздухе:**

$$C_{\Sigma} = (C_M + C_{\phi}) < ПДК_{м.р}, \quad (1)$$

где  $C_M$  - максимальная концентрация загрязняющего вещества в приземном воздухе, создаваемая источниками выбросов, мг/м.

$C_{\phi}$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества, характерная для данной местности, мг/м.

Нормативный метод позволяет рассчитывать концентрации, создаваемые дымовыми трубами. Эти концентрации относятся к так называемым **«неблагоприятным метеоусловиям»**, продолжительность которых не превышает 1-2% дней в году.

## **2.1 Расчет концентраций, обусловленных выбросами одиночного источника**

### **2.1.1 Основная расчетная формула**

Под одиночным или точечным источником понимается дымовая труба предприятия.

Опорным значением является максимальное значение обусловленной предприятием приземной концентрации.

Максимальная приземная концентрация вредного вещества ( $C_M$  мг/м<sup>3</sup>) при выбросе газовой смеси из точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеоусловиях на расстоянии  $X_M$  (м) от источника:

а) для горячих источников ( $\Delta T \gg 0$ )

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}; \quad (2)$$

б) для источников, температура выбросов которых мало отличается от температуры воздуха, ( $\Delta T \approx 0$ )

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot K}{H^{4/3}}, \quad (3)$$

где  $H$  - высота трубы, м;

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

$\Delta T = T_2 - T_0$  - разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

$V_1$  - полный расход выбрасываемых газов на срезе трубы, м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0, \quad (4)$$

где  $D$  - диаметр устья источника, м;

$\omega_0$  - средняя скорость выхода газов из источника выбросов, м/с;

$\eta$  - безмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа. Для равнинного ландшафта  $\eta = 1$ ;

$A, F, m, n$  - коэффициенты, определение которых дано ниже.

### 2.1.2 Климатический коэффициент $A$ , зависящий от температурной стратификации атмосферы

Рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеоусловиях, т.е. при условиях, отвечающих максимуму концентраций, определяются климатической зоной РФ и приведены в таблице 2:

Таблица 2

Значение коэффициента  $A$  [3]

Географические районы РФ	$A$
Читинская область, Бурятия	250
Для районов РФ южнее 50° с.ш.; для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа; для азиатской территории РФ, Дальнего Востока, <b>остальной территории Сибири</b>	200
Для Европейской территории РФ и Урала от 50 до 52° с.ш. (за исключением центра ЕТ)	180
Европейская территория РФ и Урала севернее 52° с.ш. (за исключением центра ЕТ)	160
Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области	140

### 2.1.3. Коэффициент $F$ , учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере

Интенсивность оседания вредных веществ зависит от:

- скорости оседания частиц;
- турбулентности;
- скорости ветра;
- размеров частиц и т.д.

Значение безразмерного коэффициента  $F$  [3]

Наименование	$F$
Газы, мелкодисперсные аэрозоли (пыли, золы и т.п.), скорость упорядоченного оседания которых практически равна 0	1
Мелкодисперсные аэрозоли (кроме указанных выше) при коэффициенте очистки:	
не менее 90%	2
от 75 % до 90%	2,50
менее 75%	3
при отсутствии очистки	3

### 2.1.4 Коэффициенты $m$ и $n$ , учитывающие подъем факела под трубой

Значение этих коэффициентов определяются по вспомогательным величинам, вычисляемым в свою очередь по конструктивным параметрам:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (5)$$

$$V_M = 0,653 \sqrt{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (6)$$

$$V'_M = 1,3 \frac{\omega_0 \cdot D}{H}, \quad (7)$$

$$f_e = 800 \cdot (V'_M)^3. \quad (8)$$

Коэффициент  $m$  определяется по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100, \quad (9)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100. \quad (10)$$

В случаях, когда  $f_e < f < 100$ , коэффициент  $m$  вычисляется при  $f = f_e$ .

Коэффициент  $n$  при  $f < 100$  определяется в зависимости от  $V_M$ :

а)  $n = 1$  при  $V_M \geq 2$ ;

б)  $n = 0,532 \cdot V_M^2 - 2,13 \cdot V_M + 3,13$  при  $0,5 \leq V_M < 2$ .

Для холодных выбросов ( $\Delta T \approx 0$ ) расчет приземной концентрации выполняется по формуле (3), в которой

$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7,1 \sqrt{\omega_0 \cdot V_1}}. \quad (11)$$

Для предельно малых опасных скоростей ветра, когда  $f < 100$ ,  $V_M < 0,5$  или  $f > 100$ ,  $V'_M < 0,5$ , приземные концентрации рассчитываются по формуле

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m' \cdot n \cdot \eta}{H^{7/3}}, \quad (12)$$

$$m' = 2,86 \text{ при } f < 100, V_M < 0,5;$$

$$m' = 0,9 \text{ при } f \geq 100, V'_M < 0,5.$$

### 2.1.5 Расстояние $X_M$ от источника до координаты максимума концентраций

Для горячих источников расстояние  $X_M$  (м) от источника выбросов до точки, в которой приземная концентрация  $C$  (мг/м<sup>3</sup>) при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения  $C_M$ , определяется по формуле

$$X_M = \frac{5 - F}{4} \cdot H \cdot d, \quad (13)$$

безразмерный коэффициент  $d$  при  $f < 100$  находится по формулам:

$$d = 2,48 \left( 1 + 0,28 \cdot \sqrt{f} \right) \text{ при } V_M \leq 0,5; \quad (14)$$

$$d = 4,95 \cdot V_M \cdot \left( 1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f} \right) \text{ при } 0,5 < V_M \leq 2; \quad (15)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_M} \cdot \left( 1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f} \right) \text{ при } V_M > 2. \quad (16)$$

Для холодных источников при  $f < 100$  значение коэффициента  $d$  находится по формулам:

$$d = 5,7 \text{ при } V'_M < 0,5; \quad (17)$$

$$d = 11,4 \cdot V'_M \text{ при } 0,5 < V'_M \leq 2; \quad (18)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{V'_M} \text{ при } V'_M > 2. \quad (19)$$

### 2.1.6 Опасная скорость ветра $U_M$

Как показали исследования, при прочих равных условиях приземная концентрация достигает своего максимума  $C_M$  при некоторой, получившей название **опасной скорости ветра**  $U_M$  (м/с). При больших и меньших скоростях концентрации снижаются.

Поскольку скорость ветра с высотой увеличивается, принято измерять ее на отметке 10 м.

Для горячих источников в случае  $f < 100$  опасная скорость ветра определяется по формуле:

$$U_M = 0,5 \text{ при } V_M \leq 0,5; U_M = V_M \text{ при } 0,5 < V_M < 2; \quad (20)$$

$$U_M = V_M \left( 1 + 0,12 \sqrt{f} \right) \text{ при } V_M > 2. \quad (21)$$

Для холодных источников в случае  $f \geq 100$ :

$$U_M = 0,5 \text{ при } V'_M \leq 0,5; U_M = V'_M \text{ при } 0,5 < V'_M < 2; \quad (22)$$

$$U_M = 2,2 \cdot V'_M \text{ при } V'_M > 2. \quad (23)$$

### 2.1.7 Предельно-допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ВДВ)

ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы таким образом, чтобы выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города, с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере, не создавали приземную концентрацию, превышающую их ПДК для населения, растительного и животного мира (ГОСТ 17.2.3.02-78).

ПДВ (г/с) должны устанавливаться для времени года и нагрузки, сочетание которых дает максимальные приземные концентрации. Для ТЭЦ, например, это наиболее холодный период года, когда тепловые и электрические нагрузки максимальны. ПДВ устанавливается для каждой дымовой трубы и предприятия в целом.

ПДВ определяется для каждого вещества отдельно, в том числе и в случаях **учета суммации вредного действия нескольких веществ.**

При установлении ПДВ учитываются **фоновые** концентрации  $C_\phi$ . Значение ПДВ (г/с) для одиночного источника с круглым устьем в случаях  $C_\phi < ПДК$  определяется для горячих источников по формуле:

$$ПДВ = \frac{\left( ПДК_{м.р.} - C_\phi \right) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}, \text{ г/с.} \quad (24)$$

Для холодных выбросов ( $\Delta T \approx 0$ ), в случае  $f \geq 100$ :

$$ПДВ = \frac{\left( ПДК_{м.р.} - C_\phi \right) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot \frac{8 \cdot V_1}{D}, \text{ г/с.} \quad (25)$$

### 2.1.8 Пример расчета

В городе Барнауле имеется котельная, расположенная на ровной местности, время ее работы 5760 час/год. Высота дымовой трубы  $H = 35$  м; диаметр устья  $D = 1,4$  м; объем выбрасываемой газозооной смеси  $V_1 = 10,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ; валовой выброс золы  $M = 2,6 \text{ г/с}$ ;  $C_\phi = 0$ ;  $ПДК_{м.р.} = 0,05 \text{ мг/м}^3$

для золы; температура газовой смеси  $T_1 = +125^\circ \text{C}$ , температура самого жаркого месяца (июль)  $T_2 = +25^\circ \text{C}$ .

**2.1.8.1** Определить величину максимального загрязнения  $C_M$  золой приземного слоя атмосферы и сравнить ее с ПДК. Расчетные формулы:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3.$$

а)  $\Delta T = 125^\circ - 25^\circ = 100^\circ$ ;

б)  $V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0$ ;  $\omega_0 = \frac{4V_1}{\pi D^2}$ ;

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot 10,8}{3,14 \cdot 1,4^2} = 7,02 \text{ м/с};$$

в)  $f = 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}$ ;  $f = 1000 \frac{7,02^2 \cdot 1,4}{35^2 \cdot 100} = 0,56$ ;

$$V_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; V_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{10,8 \cdot 100}{35}} = 2,04$$
;

г)  $m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}$  при  $f < 100$ ;

$$f < 100; m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,56} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,56}} = 0,98$$
;

д) при  $f < 100$ ;  $n = 1$  при  $V_M \geq 2$ ;

е)  $A = 200$  (по табл. 2);  $F = 1$  (по табл.3);  $\eta = 1$ ;

$$C_M = \frac{200 \cdot 2,6 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \sqrt[3]{10,8 \cdot 100}} = 0,041 \text{ мг/м}^3; C_M < \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$$

**2.1.8.2.** Определить расстояние  $X_M$ .

$$X_M = \frac{5 - F}{4} \cdot H \cdot d, \text{ м};$$

при  $V_M > 2$   $d = 7 \cdot \sqrt{V_M} \cdot \left(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}\right)$ ;

$$d = 7 \cdot \sqrt{2,04} \cdot \left(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,56}\right) = 12,32$$
;

$$X_M = \frac{5 - 1}{4} \cdot 35 \cdot 12,32 = 431,2, \text{ м}.$$

**2.1.8.3. Определить значение  $U_M$  (м/с).**

При  $f < 100$ :  $V_M > 2$ ;  $U_M = V_M \left( 1 + 0,12\sqrt{f} \right)$  м/с;

$$U_M = 2,04 \left( 1 + 0,12\sqrt{0,56} \right) = 2,22 \text{ м/с};$$

**2.1.8.4. Рассчитать ПДВ (г/с, т/год).**

$$C_\phi = 0 < ПДК_{м.р};$$

$$ПДВ = \frac{\left( ПДК_{м.р} - C_\phi \right) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}, \text{ г/с};$$

$$ПДВ = \frac{(0,05 - 0) \cdot 35^2}{200 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1} \cdot \sqrt[3]{10,8 \cdot 100} = 3,21 \text{ г/с}.$$

За год работы котельной ПДВ составит:

$$ПДВ = 3,21 \cdot 3600 \cdot 5760 \text{ час} = 66,56 \text{ т/год}.$$

### 3 ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Ниже приводятся варианты задач, из которых необходимо решить две (по выбору): одну для горячих выбросов в атмосферу, другую - для холодных [4].

#### Задача 1

В городе Бийске имеется котельная, расположенная на ровной местности. Высота дымовой трубы  $H = 25 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 1 \text{ м}$ ; объем выбрасываемой газоздушной смеси  $V_1 = 9,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ; валовый выброс золы  $M = 2,6 \text{ г/с}$ ; степень очистки пылеулавливающего оборудования - 93,4%; температура отходящих газов  $T_2 = +115^\circ \text{C}$ ;  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ . Котельная работает 5760 час/год; фоновая концентрация золы  $C_\phi = 0$ ;  $ПДК_{м.р} = 0,05 \text{ мг/м}^3$ .

Определить:

1. Величину  $C_M$  и сравнить с  $ПДК_{м.р}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от котельной, на котором при неблагоприятных условиях достигается  $C_M$ .
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается  $C_M$ .
4. ПДВ для котельной по золе.

**Задача 2**

В городе Барнауле имеется котельная, расположенная на ровной местности. Высота дымовой трубы  $H = 32 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,2 \text{ м}$ ; объем выбрасываемой газовой смеси  $V_1 = 8,33 \text{ м}^3/\text{с}$ ; валовый выброс золы  $M = 4 \text{ г/с}$ ; степень очистки пылеулавливающего оборудования - 90%; температура отходящих газов  $T_2 = +120^\circ \text{C}$ ;  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ . Котельная работает 5760 час/год; фоновая концентрация золы  $C_{\text{ф}} = 0,15 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,3 \text{ мг/м}^3$ .

Определить:

1. Величину  $C_{\text{м}}$  и сравнить с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_{\text{м}}$  от котельной, на котором при неблагоприятных условиях достигается  $C_{\text{м}}$ .
3. Значение опасной скорости ветра  $U_{\text{м}}$ , при которой достигается  $C_{\text{м}}$ .
4. ПДВ для котельной по золе.

**Задача 3**

В городе Барнауле находится цех азотации деталей, расположенный на ровной открытой местности. Высота трубы  $H = 16 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 1 \text{ м}$ ; объем расходуемой газовой смеси  $V_1 = 2,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ; температура отходящих газов  $T_2 = +25^\circ \text{C}$ . Время работы цеха - 3120 часов.

Валовые выбросы аммиака  $M = 1,2 \text{ г/с}$ ; фоновая концентрация аммиака  $C_{\text{ф}} = 0 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,2 \text{ мг/м}^3$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения аммиаком приземного слоя атмосферы и сравнить ее с ПДК;
2. Расстояние  $X_{\text{м}}$  от цеха, на котором приземная концентрация  $C \left( \text{мг/м}^3 \right)$  при неблагоприятных условиях достигает максимального значения  $C_{\text{м}}$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_{\text{м}}$ , при которой достигается наибольшее значение  $C_{\text{м}}$ .
4. ПДВ для цеха азотации в случае, когда  $C_{\text{ф}} = 0 \text{ мг/м}^3$ .

**Задача 4**

Источником выброса на Барнаульской ТЭЦ-3 является труба 1 высотой  $H_1 = 230 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 7,2 \text{ м}$ .  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$  для золы -  $0,3 \text{ мг/м}^3$ . Степень золоочистки в электрофильтрах  $\approx 99\%$  (проект), факт.  $\approx 97\%$ .

Валовый выброс золы  $M_1 = 2232,5 \text{ г/с}$ . Объем расходуемой газовой смеси  $V_1 = 614,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , температура газов на выходе из трубы  $T_2 = +125^\circ \text{C}$ ,  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ . Фооновая концентрация золы  $C_{\phi} = 0,06 \text{ мг/м}^3$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_M$  золой приземного слоя атмосферы от выбросов через трубу 1 -  $C_M$  и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от ТЭЦ-3, на котором  $C$  при неблагоприятных метеоусловиях достигается  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается наибольшее значение  $C_M$ ;
4. ПДВ золы для трубы 1.

### Задача 5

Источником выброса вредных веществ является ТЭЦ, которая расположена в Алтайском крае. Высота трубы  $H = 150 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 6 \text{ м}$ ; температура газов на выходе из трубы  $T_2 = +130^\circ \text{C}$ ; объем выбрасываемых дымовых газов  $V_1 = 556,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ; валовый выброс золы  $M = 3526 \text{ г/с}$ ; степень очистки от золы  $< 99\%$ . Температура наружного воздуха  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ . Фооновая концентрация золы  $C_{\phi} = 0,1 \text{ мг/м}^3$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_M$  золой приземного слоя атмосферы от выбросов ТЭЦ и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от ТЭЦ, когда при неблагоприятных метеоусловиях приземная концентрация достигает значения  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается наибольшее значение  $C_M$ ;
4. ПДВ золы для ТЭЦ в случае, когда  $C_{\phi} = 0,1 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,3 \text{ мг/м}^3$ .

### Задача 6

Источником выброса является труба ТЭС, расположенная в Сибири; высота трубы  $H = 230 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 7,8 \text{ м}$ ;  $T_2 = +130^\circ \text{C}$ ;  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ ; время работы ТЭС - 7200 час/год. Валовые выбросы золы

$M = 2241 \text{ г/с}$ ; объем выбрасываемых дымовых газов  $V_1 = 565,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  
 $C_{\phi} = 0,065 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,3 \text{ мг/м}^3$ ; степень очистки  $< 90\%$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$  золой приземного слоя атмосферы от выбросов ТЭС и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_m$  от ТЭС, когда при неблагоприятных метеоусловиях приземная концентрация достигает значения  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра, при которой достигается наибольшее значение  $C_m$ ;
4. ПДВ золы для ТЭС, в случае, когда  $C_{\phi} = 0,065 \text{ мг/м}^3$ .

### Задача 7

В городе Кемерово находится цех по производству минеральных удобрений. Источником выбросов является труба высотой  $H = 86 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 3,8 \text{ м}$ ; объем расходуемой газовой смеси  $V_1 = 240 \text{ м}^3/\text{с}$ ; температура отходящих газов  $T_2 = 30^\circ \text{ C}$ ;  $T_{\text{воздуха}} = +28^\circ \text{ C}$ ; время работы цеха - 5250 час/год. Валовые выбросы аммиака  $\text{NH}_3$   $M = 1246 \text{ г/с}$ ;  $C_{\phi} = 0 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,2 \text{ мг/м}^3$ .

Определить:

1. Величину загрязнения  $C_m$  и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_m$  от завода, на котором при неблагоприятных метеоусловиях достигается  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра, при которой достигается  $C_m$ ;
4. ПДВ для завода по  $\text{NH}_3$ .

### Задача 8

В городе Бийске находится котельная, расположенная на ровной местности. Высота трубы  $H = 30 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 0,63 \text{ м}$ ; объем расходуемой газовой смеси  $V = 4,83 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $T_2 = 190^\circ \text{ C}$ ;  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{ C}$ . Валовые выбросы золы  $M = 0,32 \text{ г/с}$ ; фоновая концентрация  $C_{\phi} = 0 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,3 \text{ мг/м}^3$ . Время работы котельной - 5328 час/год. Очистка от пыли в циклонах "ЦН-15-50" достигает 95%.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$  золой приземного слоя атмосферы и сравнить ее с ПДК;

2. Расстояние  $X_m$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает величины  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;
4. ПДВ золы для котельной.

### **Задача 9**

В селе Сростки Алтайского края находится котельная, которая работает 5238 час/год, выбросы вредных веществ осуществляются через трубу высотой  $H = 25 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 0,8 м$ ; объем газовой смеси  $V = 3,89 м^3/с$ . Валовые выбросы золы  $M = 1,92 г/с$ ; фоновая концентрация  $C_{\phi} = 0,02 мг/м^3$ ; ПДК<sub>м.р</sub> =  $0,5 мг/м^3$ . Очистка от пыли в циклонах достигает 90%,  $T_2 = 190^\circ C$ ,  $T_{воздуха} = +25^\circ C$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$  золой приземного слоя атмосферы и сравнить ее с ПДК;
2. Расстояние  $X_m$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает величины  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;
4. ПДВ золы для котельной.

### **Задача 10**

В городе Бийске находится котельная, расположенная на ровной местности. Высота дымовой трубы  $H = 30 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 0,63 м$ ; объем расходуемой газовой смеси  $V = 4,83 м^3/с$ ; валовые выбросы оксида углерода  $M = 0,89 г/с$ ; фоновая концентрация  $C_{\phi} = 0,92 мг/м^3$ ; ПДК<sub>м.р</sub> =  $5 мг/м^3$ . Время работы котельной - 5676 час/год. Очистки нет,  $T_2 = 190^\circ C$ ,  $T_{воздуха} = +25^\circ C$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$  золой приземного слоя атмосферы оксидом углерода;
2. Расстояние  $X_m$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает значения  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;

## 4. ПДВ оксида углерода для котельной.

**Задача 11**

В городе Бийске на территории ДСУ-10 находится деревообрабатывающий цех, который выбрасывает в атмосферу пыль (опилки) через трубу  $H = 6 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 0,35 м$ ; объем газовой смеси  $V = 0,58 м^3/с$ ;  $T_2 = +25^\circ C$ , валовые выбросы опилок  $M = 0,12 г/с$ , время работы цеха - 2540 час/год; очистка - 95%;  $C_{\phi} = 0$ ;  $ПДК_{м.р} = 0,5 мг/м^3$ ;  $T_{воздуха} = +25^\circ C$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$ .
2. Расстояние  $X_m$  от цеха, на котором приземная концентрация достигает значения  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;
4. ПДВ опилок для деревообрабатывающего цеха.

**Задача 12**

В Новосибирской области на ровной открытой местности находится котельная с трубой высотой  $H = 35 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,4 м$ ; скорость выхода газовой смеси  $\omega_0 = 7 м/с$ ;  $T_2 = 125^\circ C$ ;  $T_{воздуха} = +25^\circ C$ ; выброс золы  $M = 2,6 г/с$ ;  $ПДК_{м.р} = 0,3 мг/м^3$ ;  $C_{\phi} = 0$ . Время работы котельной - 5874 час/год;  $F = 3$ . Золоочистка отсутствует.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$  золой приземного слоя атмосферы и сравнить ее с  $ПДК_{м.р}$ ;
2. Расстояние  $X_m$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает значения  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;
4. ПДВ золы, в случае, когда  $C_{\phi} = 0$ .

**Задача 13**

Котельная находится в Новосибирской области на ровной открытой местности с трубой высотой  $H = 35 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,4 м$ ; объем газовой смеси  $V = 10,8 м^3/с$ ;  $T_2 = 125^\circ C$ ;  $T_{воздуха} = +25^\circ C$ ; валовой выброс диоксида азота  $M = 0,2 г/с$ ;  $ПДК_{м.р} = 0,085 мг/м^3$ ;  $C_{\phi} = 0$ . Время работы котельной - 5620 час/год.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_M$  диоксидом азота приземного слоя атмосферы и сравнить ее с  $ПДК_{M.P}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает значения  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается значение  $C_M$ ;
4. ПДВ диоксидов азота, в случае, когда  $C_{\phi} = 0$ .

#### Задача 14

Котельная находится в Новосибирской области на ровной открытой местности с трубой высотой  $H = 40 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,8 м$ ; объем газовой смеси  $V = 12,2 м^3/с$ ;  $T_g = 130^{\circ} C$ ;  $T_{воздуха} = +25^{\circ} C$ ; валовой выброс диоксида азота  $M = 0,3 г/с$ ;  $ПДК_{M.P} = 0,085 мг/м^3$ ;  $C_{\phi} = 0$ . Время работы котельной - 5840 час/год.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_M$  диоксидом азота приземного слоя атмосферы и сравнить ее с  $ПДК_{M.P}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает значения  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается значение  $C_M$ ;
4. ПДВ диоксида азота, в случае, когда  $C_{\phi} = 0$ .

#### Задача 15

В городе Бийске имеется котельная, расположенная на ровной местности. Высота дымовой трубы  $H = 25 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 1 м$ ; объем выбрасываемой газовой смеси  $V = 9,8 м^3/с$ ; валовой выброс оксида углерода  $M = 2,2 г/с$ ; степень очистки пылеулавливающего оборудования - 93,4%; температура отходящих газов  $T_g = 115^{\circ} C$ ;  $T_{воздуха} = +25^{\circ} C$ . Котельная работает 5760 час/год; фоновая концентрация оксида углерода  $C_{\phi} = 1,3 мг/м^3$ ;  $ПДК_{M.P} = 5 мг/м^3$ .

Определить:

1. Величину  $C_M$  и сравнить с  $ПДК_{M.P}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от котельной, на котором при неблагоприятных условиях достигается  $C_M$

3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается  $C_M$ .
4. ПДВ для котельной по оксиду углерода.

### Задача 16

В городе Барнауле имеется котельная, расположенная на ровной местности. Высота дымовой трубы  $H = 32\text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,2\text{ м}$ ; объем выбрасываемой газовой смеси  $V = 8,33\text{ м}^3/\text{с}$ ; валовый выброс оксида углерода  $M = 1,9\text{ г/с}$ ; степень очистки пылеулавливающего оборудования - 90%; температура отходящих газов  $T_2 = 120^\circ\text{С}$ ;  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ\text{С}$ . Котельная работает 5760 час/год; фоновая концентрация оксида углерода  $C_{\phi} = 0,8\text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>м.р</sub> = 5 мг/м<sup>3</sup>.

Определить:

1. Величину  $C_M$  и сравнить с ПДК<sub>м.р</sub>;
2. Расстояние  $X_M$  от котельной, на котором при неблагоприятных условиях достигается  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается  $C_M$ ;
4. ПДВ для котельной по оксиду углерода.

### Задача 17

В городе Барнауле находится цех азотации деталей, расположенный на ровной открытой местности. Высота трубы  $H = 16\text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,0\text{ м}$ ; объем расходуемой газовой смеси  $V = 2,8\text{ м}^3/\text{с}$ ; температура отходящих газов  $T_2 = 25^\circ\text{С}$ ,  $T_{\text{воздуха}} = +19^\circ\text{С}$ . Время работы цеха - 3120 часов. Валовые выбросы диоксида углерода  $M = 2,8\text{ г/с}$ ; фоновая концентрация  $C_{\phi} = 0$ ; ПДК<sub>м.р</sub> = 0,085 мг/м<sup>3</sup>.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения диоксидом азота приземного слоя атмосферы и сравнить ее с ПДК;
2. Расстояние  $X_M$  от цеха, на котором приземная концентрация  $C$  (мг/м<sup>3</sup>); при неблагоприятных условиях достигает максимального значения  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается наибольшее значение  $C_M$ ;
4. ПДВ диоксида азота для цеха азотации в случае, когда  $C_{\phi} = 0$ .

### Задача 18

Источником выброса на Барнаульской ТЭЦ-3 является вторая труба ТЭЦ-3 высотой  $H = 150\text{ м}$ ;  $D = 7,2\text{ м}$ . ПДК для золы - 0,3 мг/м<sup>3</sup>. Степень золоочистки в электрофилтрах 99% (проект.), факт.  $\approx 97\%$ . Валовый выброс золы

$M = 1428,3 \text{ г/с}$ . Объем расходуемой газовой смеси  $V = 556,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , температура газов на выходе из трубы  $T_2 = 175^\circ \text{C}$ ,  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ . Фоновая концентрация золы  $C_{\text{ф}} = 0,06 \text{ мг/м}^3$ ,  $F_{\text{золы}} = 2$ . Время работы - 8760 часов.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_M$  золой приземного слоя атмосферы от выбросов через трубу. 2 -  $C_M$  и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от ТЭЦ-3, когда достигается  $C_M$  при неблагоприятных метеоусловиях;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается наибольшее значение  $C_M$ ;
4. ПДВ золы для трубы 2.

### Задача 19

Источником выброса вредных веществ является ТЭЦ, которая расположена в Алтайском крае. Высота трубы  $H = 150 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 6 \text{ м}$ ; температура газов на выходе из трубы  $T_2 = 130^\circ \text{C}$ ; объем выбрасываемых дымовых газов  $V = 556,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ; валовый выброс диоксида азота  $M = 400 \text{ г/с}$ ; степень очистки  $< 90\%$ . Температура наружного воздуха  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ . Фоновая концентрация диоксида азота  $C_{\text{ф}} = 0,006 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,085 \text{ мг/м}^3$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_M$  диоксидом азота приземного слоя атмосферы от выбросов ТЭЦ и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от ТЭЦ, когда при неблагоприятных метеоусловиях приземная концентрация достигает значения  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается наибольшее значение  $C_M$ ;
4. ПДВ диоксида азота для ТЭЦ.

### Задача 20

Источником выброса является труба ТЭС, расположенная в Сибири; высота трубы  $H = 230 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 7,8 \text{ м}$ ;  $T_2 = 130^\circ \text{C}$ ;  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ ; время работы ТЭС - 7200 час/год. Валовые выбросы диоксида серы  $M = 485 \text{ г/с}$ ; объем выбрасываемых газов  $V = 565,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $C_{\text{ф}} = 0,02 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ ; котлы работают без очистки от  $\text{SO}_2$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_M$  диоксидом серы приземного слоя атмосферы от выбросов ТЭС и сравнить ее с  $ПДК_{M.P}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от ТЭС, когда при неблагоприятных метеоусловиях приземная концентрация достигает значения  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра, при которой достигается наибольшее значение  $C_M$ ;
4. ПДВ диоксида серы для ТЭС.

### Задача 21

В городе Кемерово находится цех по производству минеральных удобрений. Источником выбросов является труба высотой  $H = 86 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 3,8 м$ ; объем расходуемой газовой смеси  $V = 240 м^3/с$ ; температура отходящих газов  $T_2 = 130^\circ C$ ;  $T_{воздуха} = +28^\circ C$ ; время работы цеха - 5250 час/год. Валовые выбросы  $NO_2$   $M = 1563 г/с$ ;  $C_{ф} = 0,006 мг/м^3$ ;  $ПДК_{M.P} = 0,085 мг/м^3$ .

Определить:

1. Величину загрязнения  $C_M$  и сравнить ее с  $ПДК_{M.P}$ ;
2. Расстояние  $X_M$  от завода, на котором при неблагоприятных метеоусловиях достигается  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра, при которой достигается  $C_M$ ;
4. ПДВ для завода по  $NO_2$  (диоксид азота).

### Задача 22

В городе Бийске находится котельная, расположенная на ровной местности. Высота трубы  $H = 30 м$ ; диаметр устья трубы  $D = 0,63 м$ ; объем расходуемой газовой смеси  $V = 4,83 м^3/с$ ;  $T_2 = 190^\circ C$ ,  $T_{воздуха} = +25^\circ C$ . Валовые выбросы диоксида серы  $M = 0,19 г/с$ ; фоновая концентрация  $C_{ф} = 0$ ;  $ПДК_{M.P} = 0,5 мг/м^3$ . Время работы котельной - 5328 час/год. Очистки нет.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_M$  диоксидом серы приземного слоя атмосферы и сравнить ее с ПДК;
2. Расстояние  $X_M$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает величины  $C_M$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_M$ , при которой достигается значение  $C_M$ ;

## 4. ПДВ диоксида серы для котельной.

**Задача 23**

В селе Сrostки Алтайского края находится котельная, которая работает 5238 час/год, выбросы вредных веществ осуществляются через трубу высотой  $H = 25\text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 0,8\text{ м}$ ; объем газовойдушной смеси  $V = 3,89\text{ м}^3/\text{с}$ . Валовые выбросы диоксида азота  $M = 0,082\text{ г/с}$ ; фоновая концентрация  $C_{\phi} = 0$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,5\text{ мг/м}^3$ ;  $T_2 = 190^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ\text{C}$ . Очистки нет.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_{\text{м}}$  диоксидом азота приземного слоя атмосферы и сравнить ее с ПДК;
2. Расстояние  $X_{\text{м}}$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает величины  $C_{\text{м}}$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_{\text{м}}$ , при которой достигается значение  $C_{\text{м}}$ ;
4. ПДВ диоксида азота для котельной.

**Задача 24**

В городе Бийске находится котельная, расположенная на ровной местности. Высота дымовой трубы  $H = 30\text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 0,63\text{ м}$ ; объем расходуемой газовойдушной смеси  $V = 4,83\text{ м}^3/\text{с}$ ; валовые выбросы диоксида азота  $M = 0,2\text{ г/с}$ ; фоновая концентрация  $C_{\phi} = 0$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,085\text{ мг/м}^3$ . Время работы котельной - 5676 час/год,  $T_2 = 190^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ\text{C}$ . Очистки нет.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_{\text{м}}$  диоксидом азота приземного слоя атмосферы;
2. Расстояние  $X_{\text{м}}$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает значения  $C_{\text{м}}$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_{\text{м}}$ , при которой достигается значение  $C_{\text{м}}$ ;
4. ПДВ диоксида азота для котельной.

**Задача 25**

В городе Бийске на территории ДСУ-10 находится деревообрабатывающий цех, который выбрасывает в атмосферу абразивную пыль от зачистных станков через трубу  $H = 4\text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 0,3\text{ м}$ ; объем газовойдушной

смеси  $V = 0,58 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $T_2 = 18^\circ \text{C}$ , валовые выбросы опилок  $M = 0,22 \text{ г}/\text{с}$ , время работы станков - 520 час/год; очистка - 95%;  $C_\phi = 0$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ .

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$ .
2. Расстояние  $X_m$  от цеха, на котором приземная концентрация достигает значения  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;
4. ПДВ абразивной пыли для деревообрабатывающего цеха.

### Задача 26

В Новосибирской области на ровной открытой местности находится котельная с трубой высотой  $H = 35 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,4 \text{ м}$ ; скорость выхода газовой смеси  $\omega_0 = 7 \text{ м}/\text{с}$ ;  $T_2 = 125^\circ \text{C}$ ,  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ ; выброс диоксида серы  $M = 12 \text{ г}/\text{с}$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;  $C_\phi = 0$ . Время работы котельной - 5874 час/год;  $F = 0$ . Очистка от диоксида серы отсутствует.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$  диоксидом серы приземного слоя атмосферы и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_m$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает значения  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;
4. ПДВ диоксида серы, в случае, когда  $C_\phi = 0$ .

### Задача 27

Котельная находится в Новосибирской области на ровной открытой местности с трубой высотой  $H = 35 \text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,4 \text{ м}$ ; объем газовой смеси  $V = 10,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $T_2 = 125^\circ \text{C}$ ,  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ \text{C}$ ; валовой выброс диоксидов серы  $M = 9,4 \text{ г}/\text{с}$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;  $C_\phi = 0$ . Время работы котельной - 5620 час/год.

Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$  диоксидом серы приземного слоя атмосферы и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;

2. Расстояние  $X_m$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает значения  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;
4. ПДВ диоксида серы, в случае, когда  $C_\phi = 0$ .

### **Задача 28**

Котельная находится в Новосибирской области на ровной открытой местности с трубой высотой  $H = 40\text{ м}$ ; диаметр устья трубы  $D = 1,8\text{ м}$ ; объем газовой смеси  $V = 12,2\text{ м}^3/\text{с}$ ;  $T_2 = 130^\circ\text{ C}$ ,  $T_{\text{воздуха}} = +25^\circ\text{ C}$ ; валовой выброс диоксида серы  $M = 10,2\text{ г/с}$ ;  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,5\text{ мг/м}^3$ ;  $C_\phi = 0$ . Время работы котельной - 5840 час/год. Определить:

1. Величину максимального загрязнения  $C_m$  диоксидом серы приземного слоя атмосферы и сравнить ее с  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ;
2. Расстояние  $X_m$  от котельной, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает значения  $C_m$ ;
3. Значение опасной скорости ветра  $U_m$ , при которой достигается значение  $C_m$ ;
4. ПДВ диоксида серы, в случае, когда  $C_\phi = 0$ .

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Вронский В.А. Прикладная экология: учебное пособие. Ростов н/Д.: Феникс, 1996. – 512 с.
2. Общественное экологическое движение России: Справ. изд. / Под ред. А.К. Смирнова. – М.: Экология, 1995. – 254 с.
3. Лобанова З.М. Экология и защита биосферы: Учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова: Изд-во АлтГТУ, 2004. – 228 с.
4. Лобанова З.М. Экология и защита биосферы. Информационно-развивающие дидактические задания: Учебное пособие. / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. – 136 с.







Чернецкая Наталья Анатольевна

## ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ

Расчет загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий

Методические указания к выполнению практической работы по дисциплине «Экология» для студентов технических и экономических специальностей всех форм обучения

Редактор Е.Ф. Изотова

Подготовка оригинала-макета О.В. Щекотихина

Подписано к печати 08.10.10. Формат 60x84 /16.

Усл. печ. л. 1,75. Тираж 200 экз. Заказ 10-896. Рег. №110.

Отпечатано в РИО Рубцовского индустриального института 658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.