МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РУБЦОВСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
(филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Алтайский государственный технический университет
имени И.И. Ползунова»

Технический факультет
Кафедра «Наземные транспортные системы»

Н.А. Чернецкая

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Методические указания
к выполнению практических работ и СРС по дисциплине
«Инженерная экология»
для студентов всех форм обучения

Рубцовск 2021

УДК 574 (075.8)

Чернецкая Н.А. **Инженерная экология.** Методические указания к выполнению практических работ и СРС по дисциплине «Инженерная экология» для студентов всех форм обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск: ИТО, 2021. - с.

Предназначены в качестве руководства при выполнении студентами практических работ и самостоятельной работы по дисциплине «Инженерная экология». Содержат теоретические сведения, методику и пример расчета, варианты индивидуальных расчетных заданий, список рекомендуемых источников.

Рассмотрены и одобрены
на заседании НМС
Рубцовского индустриального института.
Протокол № ___ от __.__.2021 г.

Рецензент: к.т.н., доцент Э.С. Маршалов

© Рубцовский индустриальный институт, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....4

1 ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ.....5

1.1 Контроль качества атмосферного воздуха.....5

1.2 Нормирование качества атмосферного воздуха.....6

2 РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....11

2.1 Расчет концентраций, обусловленных выбросами одиночного источника……13

2.1.1 Основная расчетная формула……...…13

2.1.2 Климатический коэффициент A, зависящий от температурной стратификации атмосферы…….…..14

2.1.3. Коэффициент F, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере……...…14

2.1.4 Коэффициенты m и n, учитывающие подъем факела под трубой……..……15

2.1.5 Расстояние $X_м$ от источника до координаты максимума концентраций…….....16

2.1.6 Опасная скорость ветра $U_м$ ……17

2.1.7 Предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ВДВ)……..18

2.1.8 Пример расчета…….19

3 ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....21

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....38

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 км^3 тонко измельченного пеплового материала; извержение вулкана Катмай (Аляска) в 1912 г., выбросившего 20 км^3 рыхлых продуктов. Пепел этих извержений распространился на большую часть поверхности Земли и вызвал уменьшение притока солнечной радиации на 10-20%, что вызвало в северном полушарии понижение среднегодовой температуры воздуха на 0,5°С [1].

Однако в последние десятилетия антропогенные факторы загрязнения атмосферы стали превышать по масштабам естественные, приобретя 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 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 загрязнения атмосферы как части природной среды. На сети определяется содержание в атмосфере различных вредных веществ, поступающих от антропогенных источников выбросов. Наблюдения проводятся сотрудниками местных организаций Роспотребнадзора, санитарно-промышленных лаборатории 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 устанавливают **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, микроорга-

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

$ПДК_{р.з.}$ - предельно-допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, 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.

$ПДК_{м.р.}$ - 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 находиться в задымленной зоне, при расчетах в целом по массиву проверку мероприятий осуществляют по среднесуточным ПДК.

Таблица 1

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

Вещества	ПДК, мг/м^3		
	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^3	1
Взвешенные вещества (недифференцированная по составу пыль (аэрозоль), содержащаяся в воздухе населенных пунктов)	0,5	0,15	3
Кислота азотная по молекуле HNOз	0,4	0,15	2
Кислота серная по молекуле H_2S0_4-	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 (динас 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

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:

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

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

$ПДК_1, ПДК_2, ..ПДК_m$ - 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

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 ГОСТом 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 (**$C_{\sum}$**,мг/м^3) не должна превышать максимально разовую ПДК данного вещества в атмосферном воздухе:**

$$C_{\sum} = \left(C_{м} + C_{ф}\right) < ПДК_{м.р.} \qquad (1)$$

$C_{м}$ - максимальная концентрация загрязняющего вещества в приземном воздухе, создаваемая источниками выбросов, мг/м .

$C_{ф}$ - 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 ($C_м$ мг/м^3) при выбросе газовоздушной смеси из точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеоусловиях на расстоянии $X_м$ (м) от источника:

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

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

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

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

где H - высота трубы, м;

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

$\Delta T = T_г - T_в$ - разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

V_1 - полный расход выбрасываемых газов на срезе трубы, м^3/с определяется по формуле

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

$Д$ - диаметр устья источника, м;

ω_0 - средняя скорость выхода газов из источника выбросов, м/с;

η - 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, **остальной территории Сибири**	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^{й} 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.

Таблица 3

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:

$$f = 1000\frac{\omega_0^2 \cdot Д}{H^2 \cdot \Delta T} \tag{5}$$

$$V_м = 0{,}65\sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \tag{6}$$

$$V'_м = 1{,}3\frac{\omega_д \cdot Д}{H} \tag{7}$$

$$f_e = 800 \cdot (V'_м)^3 \tag{8}$$

Коэффициент m определяется по формуле:

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

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

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

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

а) $n = 1$ при $V_м \geq 2$;

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

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

$$K = \frac{Д}{8V_1} = \frac{1}{7{,}1\sqrt{\omega_0 \cdot V_1}} \qquad (11)$$

Для предельно малых опасных скоростей ветра, когда $f < 100$, $V_м < 0{,}5$ или $f > 100$, $V'_м < 0{,}5$ приземные концентрации рассчитываются по формуле

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

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

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

2.1.5 Расстояние $X_м$ от источника до координаты максимума концентраций

Для горячих источников расстояние $X_м$ (м) от источника выбросов до точки, в которой приземная концентрация C (мг/м^3) при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения $C_м$ определяется по формуле

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.1.6 Опасная скорость ветра $U_м$

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

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

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

$$U_м = 0{,}5 \text{ при} V_м \le 0{,}5;\ U_м = V_м \text{ при } 0{,}5 < V_м < 2; \quad (20)$$

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

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

$$U_м = 0{,}5 \text{ при } V'_м \le 0{,}5;\ U_м = V'_м \text{ при } 0{,}5 < V'_м < 2; \quad (22)$$

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

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 $C_ф$. Значение ПДВ (г/с) для одиночного источника с круглым устьем в случаях $C_ф < ПДК$ определяется для горячих источников по формуле:

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

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

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

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 $Д = 1{,}4$ м; объем выбрасываемой газовоздушной смеси $V_1 = 10{,}8$ м^3/с; валовой выброс золы $M = 2{,}6$ г/с; $C_ф = 0$; $ПДК_{м.р.} = 0{,}05\ мг/м^3$ для золы; температура газовоздушной смеси $T_1 = +125^\circ C$, температура самого жаркого месяца (июль) $T_2 = +25^\circ C$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$C_м = \dfrac{200 \cdot 2{,}6 \cdot 1 \cdot 0{,}98 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \sqrt[3]{10{,}8 \cdot 100}} = 0{,}041$ мг/м^3; $C_м < ПДК_{м.р.}$.

2.1.8.2. Определить расстояние $X_м$

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

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

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

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

2.1.8.3. Определить значение $U_м$ (м/с)

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

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

2.1.8.4. Рассчитать ПДВ (г/с, т/год)

$C_ф = 0 < ПДК_{м.р.};$

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

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

За год работы котельной ПДВ составит:

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

3 ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Вариант задания практической работы в таблице 4 выбирается по двум последним цифрам номера зачетной книжки студента.

Таблица 4

№ варианта	Комплекты заданных значений общего условия задачи (таблица 5)	
	для горячих выбросов в атмосферу	для холодных выбросов в атмосферу
1	1	25
2	2	25
3	4	25
4	5	25
5	6	25
6	8	17
7	9	17
8	10	17
9	12	17
10	13	17
11	14	11
12	15	11
13	16	11
14	18	11
15	19	11
16	20	7
17	21	7
18	22	7
19	23	7
20	24	7
21	26	3
22	27	3
23	28	3

Ниже приводятся общее условие задачи и 28 комплектов заданных значений условия. Необходимо решить задачу для двух комплектов заданных значений: для горячих выбросов в атмосферу, для холодных выбросов в атмосферу.

В городе имеется предприятие, расположенное на ровной местности. Высота дымовой трубы H (м); диаметр устья трубы $Д$ (м); объем выбрасываемой газовоздушной смеси V_1 (м^3/с); валовой выброс вредного вещества M (г/с); при наличии пылеулавливающего оборудования степень очистки составляет, заданное в таблице 5, количество процентов; температура отходящих газов $T_г$ (°С); температура самого жаркого месяца (июль) $T_{воздуха}$, °С. Котельная работает, заданное в таблице 4, количество час/год; фоновая концентрация вещества $C_ф$, мг/м^3; предельно-допустимая концентрация вещества в атмосферном воздухе $ПДК_{м.р.}$, мг/м^3.

Определить:

1. Величину $C_м$ и сравнить с $ПДК_{м.р.}$;

2. Расстояние $X_м$ от предприятия, на котором при неблагоприятных условиях достигается $C_м$.

3. Значение опасной скорости ветра $U_м$, при которой достигается $C_м$,

4. ПДВ для предприятия по вредному веществу.

Таблица 5

№	Тип предприятия	Высота дымовой трубы H, м	Диаметр устья трубы $Д$, м	Объем выбрасываемой газовоздушной смеси V_1, м^3/с	Валовый выброс вещества M, г/с	Степень очистки пылеулавливающего оборудования, %	Температура отходящих газов $T_г$, °С	Температура самого жаркого месяца (июль) $T_{воздуха}$, °С	Время работы, ч/г	Фоновая концентрация вещества $C_ф$, мг/м^3	Предельно-допустимая концентрация вещества в атмосферном воздухе $ПДК_{м.р.}$, мг/м^3	Вредное вещество
1	котельная	25	1	9,8	2,6	93,4	+115	+25	5760	0	0,05	зола
2	котельная	32	1,2	8,33	4	90	+120	+25	5760	0,15	0,3	зола
3	цех азотации деталей	16	1	2,8	1,2	0	+25	+25	3120	0	0,2	аммиак
4	ТЭЦ-3	230	7,2	614,6	2232,5	97	+125	+25	8760	0,06	0,3	зола
5	ТЭЦ	150	6	556,6	3526	<99	+130	+25	8760	0,1	0,3	зола
6	ТЭС	230	7,8	565,8	2241	90	+130	+25	7200	0,065	0.3	зола
7	цех по производству минеральных удобрений	86	3,8	240	1246	0	+30	+28	5250	0	0,2	аммиак
8	котельная	30	0,63	4,83	0,32	95	+190	+25	5328	0	0,3	зола
9	котельная	25	0,8	3,89	1,92	90	+190	+25	5238	0	0,5	зола
10	котельная	30	0,63	4,83	0,89	0	+190	+25	5676	0,92	5	оксид углерода
11	деревообрабатывающий цех	6	0,35	0,58	0,12	95	+25	+25	2540	0	0,5	пыль (опилки)
12	котельная	35	1,4	7	2,6	0	+125	+25	5874	0	0,3	зола
13	котельная	35	1,4	10,8	0,2	0	+125	+25	5620	0	0,085	диоксид азота
14	котельная	40	1,8	12,2	0,3	0	+130	+25	5840	0	0,085	диоксид азота

№	Тип предприятия	Высота дымовой трубы H, м	Диаметр устья трубы $Д$, м	Объем выбрасываемой газовоздушной смеси V_1, м^3/с	Валовый выброс вещества M, г/с	Степень очистки пылеулавливающего оборудования, %	Температура отходящих газов $T_г$, °С	Температура самого жаркого месяца (июль) $T_{воздуха}$, °С	Время работы, ч/г	Фоновая концентрация вещества $C_ф$, мг/м^3	Предельно-допустимая концентрация вещества в атмосферном воздухе $ПДК_{м.р.}$, мг/м^3	Вредное вещество
15	котельная	25	1	9,8	2,2	93,4	+115	+25	5760	1,3	5	оксид углерода
16	котельная	32	1,2	8,33	1,9	90	+120	+25	5760	0,8	5	оксид углерода
17	цех азотации деталей	16	1	2,8	2,8	0	+25	+19	3120	0	0,085	диоксид углерода
18	ТЭЦ-3	150	7,2	556,6	1428,3	97	+175	+25	8760	0,06	0,3	зола
19	ТЭЦ	150	6	556,6	400	90	+130	+25	8760	0,006	0,085	диоксид азота
20	ТЭС	230	7,8	565,8	485	0	+130	+25	7200	0,02	0,5	диоксид серы
21	цех по производству минеральных удобрений	86	3,8	240	1563	0	+130	+28	5250	0,006	0,085	диоксид азота
22	котельная	30	0,63	4,83	0,19	0	+190	+25	5328	0	0,5	диоксид серы
23	котельная	25	0,8	3,89	0,082	0	+190	+25	5238	0	0,5	диоксид азота
24	котельная	30	0,63	4,83	0,2	0	+190	+25	5676	0	0,085	диоксид азота
25	деревообрабатывающий цех	4	0,3	0,58	0,22	95	+18	+25	520	0	0,5	абразивная пыль
26	котельная	35	1,4	7	12	0	+125	+25	5874	0	0,5	диоксид серы

№	Тип предприятия	Высота дымовой трубы H, м	Диаметр устья трубы $Д$, м	Объем выбрасываемой газовоздушной смеси V_1, м^3/с	Валовый выброс вещества M, г/с	Степень очистки пылеулавливающего оборудования, %	Температура отходящих газов $T_г$, °С	Температура самого жаркого месяца (июль) $T_{воздуха}$, °С	Время работы, ч/г	Фоновая концентрация вещества $C_ф$, мг/м^3	Предельно-допустимая концентрация вещества в атмосферном воздухе $ПДК_{м.р.}$, мг/м^3	Вредное вещество
27	котельная	35	1,4	10,8	9,4	0	+125	+25	5620	0	0,5	диоксид серы
28	котельная	40	1,8	12,2	10,2	0	+130	+25	5840	0	0,5	диоксид серы

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Братчикова, И. Г. Физико-химические основы инженерной экологии : учебное пособие / И. Г. Братчикова. — Москва : Российский университет дружбы народов, 2011. — 124 с. — ISBN 978-5-209-03579-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/11405.html (дата обращения: 22.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Быков, А. П. Инженерная экология. Часть 1 : учебное пособие / А. П. Быков. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 208 с. — ISBN 978-5-7782-1634-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/44925.html (дата обращения: 22.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Быков, А. П. Инженерная экология. Часть 2. Основы экологии производства : учебное пособие / А. П. Быков. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 156 с. — ISBN 978-5-7782-1772-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/44926.html (дата обращения: 22.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Быков, А. П. Инженерная экология. Часть 3. Основы экологии производства : учебное пособие / А. П. Быков. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 335 с. — ISBN 978-5-7782-2360-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/44927.html (дата обращения: 22.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Быков, А. П. Инженерная экология. Часть 4. Основы экологии производства : учебное пособие / А. П. Быков. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 104 с. — ISBN 978-5-7782-2476-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR

BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/44928.html (дата обращения: 22.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Вронский В.А. Прикладная экология: учебное пособие. Ростов н/Д.: Изд-во «Феникс», 1996. – 512 с.

7. 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.

8. Новиков, В. К. Экология и инженерная защита окружающей среды : курс лекций / В. К. Новиков. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2020. — 234 c. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/97330.html (дата обращения: 22.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

9. Общественное экологическое движение России: Справ. изд. / Под ред. А.К. Смирнова. – М: Экология, 1995. – 254 с.

Чернецкая Наталья Анатольевна

Инженерная экология.

Методические указания к выполнению практических работ и СРС по дисциплине «Инженерная экология» для студентов всех форм обучения

Редактор
Ответственный за выпуск

Подписано к печати . Формат
Усл. печ. л. . Тираж экз. Заказ . Рег. № .

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