

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ
по дисциплине «Промышленная экология»
для направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и
оборудование
направленность (профиль) Технологическое оборудование химических и
нефтехимических производств

**Ставрополь
2022**

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «Промышленная экология». Указания предназначены для студентов заочной формы обучения направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

Содержат основные разделы изучаемого теоретического материала, перечень вопросов необходимых для проработки, а также список рекомендуемой литературы.

Составители

К.С. Сыпко.

Содержание

Введение.....	4
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	5
Практическое занятие 1. Расчет выбросов вредных веществ, образующихся при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива.....	5
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	12
Практическое занятие 2. Расчет экологической безопасности биосферы.....	12
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	18
Практическое занятие 3. Оценка допустимого воздействия на гидросферу.....	18
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	21
Практическое занятие 4. Автотранспортное загрязнение окружающей среды и влияние загрязнителей на здоровье человека.....	21
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	27
Практическое занятие 5. Загрязнение биосферы при выработке электроэнергии при сжигании органических энергоресурсов.....	27
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	32
Практическое занятие 6. Определение площади лесных насаждений для воспроизводства кислорода.....	32
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	37
Практическое занятие 7. Выбор и расчет средств по пылегазоочистке воздуха.....	37
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	46
Практическое занятие 8. Расчет требуемой степени очистки производственных стоков.....	46
Тема 2. Промышленные экосистемы.....	50
Практическое занятие 9. Плата за загрязнение атмосферы вредными веществами.....	50

Введение

Решение экологических проблем в современном мире невозможно без понимания объективных законов развития природы и общества. «Промышленная экология» изучает эти законы, которые дают ключ к управлению в области охраны окружающей среды.

Формирование экологического мировоззрения и способность анализировать последствия антропогенной деятельности помогают рационально использовать природные ресурсы и разрабатывать мероприятия по охране природы и экологической безопасности.

Дисциплина «Промышленная экология» относится к дисциплине базовой части. Она направлена на формирование профессиональных компетенций обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Методические указания составлены на современном научном уровне и рассчитаны на студентов, по направлению 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

Последовательность тем соответствует логической структуре ее прохождения. Предлагаемые методические указания содержат материал, который рекомендуется использовать студентам при подготовке к практическим занятиям.

Для подготовки к практическим занятиям студент должен изучить материал по соответствующей теме, используя основную и дополнительную литературу, а так же используя периодические издания СМИ.

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДОГО, ЖИДКОГО И ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Цель занятия: 1- познакомиться с составом выбросов при сжигании топлива.
2 - рассчитать выбросы предприятия (вариант выбирает сам студент).
3- выбрать подходящую на Ваш взгляд систему очистки газов для предприятия и, зная степень очистки, рассчитать выброс после очистки.

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные, диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

При сжигании различных видов твердого топлива в атмосферу поступает значительное количество твердых частиц (зола, пыль, сажа), окислов серы (SO_2 и SO_3), окислов азота (NO и NO_2), окиси углерода (CO и CO_2), а также альдегиды и органические кислоты.

Около 60 % общего количества аэрозолей, попадающих в атмосферный воздух, составляют твердые частицы (главным образом, пыль и зола), образовавшиеся при сжигании угля. Выброс золы при сжигании твердого топлива зависит от состава его минеральной части, типа топочного устройства и эффективности работы пылеулавливающих установок.

При сжигании угля с содержанием минеральной части в рабочей массе топлива $A_{\text{рмз}} = 16-20$ % в камерных топках вынос твердых частиц за пределы топочной части может составлять до 20 % от массы топлива, причем содержание золы в уносе (остальная зола удаляется со шлаком) составляет для пылеугольных топок с сухим шлакоудалением 85-93 %. При отсутствии систем пылеулавливания сжигание твердого топлива (угля) поставляет в атмосферу в 10-20 раз больше твердых частиц, чем при сжигании жидкого топлива.

Выброс окиси углерода котельными установками зависит в основном от неудовлетворительного регулирования процессов горения. Так, при сжигании топлива в небольших топливных установках выброс двуокиси углерода составляет 2 % и более от массы топлива.

Наиболее значительными по объему и трудно поддающимися очистке загрязнителями атмосферы являются окислы серы.

60-80 % ежегодного выброса окислов серы в атмосферу выбрасывается с продуктами сгорания от котлов и печей. При сжигании топлива в камерных топках практически вся сера переходит в сернистый ангидрид, причем содержание окиси серы в дымовых газах не зависит от организации топочных процессов и практически определяется концентрацией серы в топливе.

Более 90 % от общего количества выбросов азота в атмосферу приходится на продукты сгорания твердого и жидкого топлива и газа. В газоходах котлов 1-5 % от общего количества окиси азота вместе с продуктами сгорания удаляются через дымовые трубы в атмосферу.

К числу достаточно хорошо изученных канцерогенных веществ следует отнести в первую очередь бенз-а-пирен ($C_{20}H_{12}$), который образуется в процессе пиролиза угля и углеводородных топлив при температуре более $600^{\circ}C$ и обнаруживается в саже, дымовых газах. Образование бенз-а-пирена зависит от режима горения и, прежде всего, от количества кислорода и температуры.

Сжигание мазута и природного газа, так же как и сжигание твердого топлива, сопровождается выделением различных вредных веществ (окиси углерода, окислов азота, серы и сернистого ангидрида, летучих углеводородов, золы и пыли).

При сжигании жидкого топлива выделяется мелкодисперсная сажа, обладающая большей токсичностью, чем обычная пыль, и оказывающая неблагоприятное влияние на прозрачность атмосферы. Количество твердых частиц выбрасываемых в атмосферу при сгорании мазута, составляет до 0,5 % о массы топлива.

Образование окислов азота в топках происходит главным образом в результате окисления азота воздуха при высоких температурах, а также при разложении и окислении азотсодержащих соединений, входящих в состав топлива. Концентрация бенз-а-пирена в продуктах сгорания газа невелика, а ряде случаев даже ниже, чем в окружающем воздухе.

Вопросы и задания:

Расчет выбросов твердых частиц

Количество золы и недогоревшего топлива, выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами каждого котлоагрегата за год, при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{рмз}} = \frac{B \times A_{\text{рмз}}}{100 - G_{\text{ун}}} \times a_{\text{ун}} (1 - \eta_z), \quad \text{т/год}$$

где B – расход топлива, т/год;

$A_{\text{рмз}}$ – зольность топлива на рабочую массу, т/год;

$a_{\text{ун}}$ – доля золы топлива в уносе;

$\eta_{\text{золы}}$ – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях;

$G_{\text{ун}}$ - содержание горючих веществ в уносе, %; при отсутствии эксплуатационных данных по содержанию горючих веществ в уносе значение $G_{\text{ун}}$ принимают в соответствии с g_4 , где g_4 – потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимается по нормам теплового расчета). Значения $A_{\text{рмз}}$ и $G_{\text{ун}}$ и $a_{\text{ун}}$, η_s принимаются по фактическим средним показателям за год или по нормам теплового расчета.

Расчет выбросов окислов серы

Количество окислов серы SO_2 и SO_3 в пересчете на SO_2 (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за год при сжигании твердого или жидкого топлива, вычисляется по следующей формуле:

$$M(\text{so}_2) = 0,02 \times B \times S_p \times (1 - \eta_s) \times (1 - \eta_{\text{so}_2}^1),$$

где B – расход топлива, т/год;

S_p - содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η_{so_2} - доля окислов серы, связанных летучей золой в котле;

$\eta_{\text{so}_2}^1$ - доля окислов серы, улавливаемых в золоуловителе.

Доля окислов серы, связанных летучей золой, зависит от зольности топлива и содержания свободной щелочи в летучей золе.

Ориентировочно значения $\eta_{\text{so}_2}^1$ при сжигании различных видов топлива:

сланцы	-	0,5
угли	-	0,02
мазут	-	0.02
газ	-	0,0

Расчет выбросов окиси углерода

Количество окиси углерода (т/год), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегатов за год при сжигании органического топлива, вычисляют по формуле:

$$M_{\text{co}} = 0,001 \times C_n \times B \times \gamma_n \times \left(1 - \frac{g_4}{100}\right),$$

где C_n – коэффициент, характеризующий выход окиси углерода при сжигании твердого, жидкого и газообразного, кг/т или кг/тыс м³;

B – расход топлива (твердого, жидкого и газообразного), т/год или тыс. м³/год;

γ_n - поправочный коэффициент, учитывающий влияние режима горения на выход окиси углерода;

g_4 - потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимают по нормам теплового расчета).

При нормальной эксплуатации котла и нормативных значениях коэффициента избытка воздуха на выходе из топки (a_T), коэффициент $\gamma_n = 1$. Если фактическое значение a_T меньше нормативного, то указанное выше значение γ_n необходимо умножить на отношение нормативного значения a_T к

фактическому. В случае, когда фактическое значение a_T больше нормативного, то коэффициент $\gamma_n = 0$.

Расчет выбросов окислов азота

Количество окислов азота в пересчете на NO_2 (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за год рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,143 \times 10^{-6} \times K \times D \times Q \cdot \left(1 - \frac{g_4}{100}\right) \times \beta_1 \cdot (1 - \beta_2 \times r) \cdot \beta_3,$$

где K – коэффициент, характеризующий выход окислов азота, кг/т условного топлива;

Q – теплота сгорания натурального твердого, жидкого и газообразного топлива, ккал/кг или ккал/м³;

g_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания, %;

β_1 – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива (содержание азота N_2) и способов шлакоудаления;

β_2 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку, %;

r – степень рециркуляции дымовых газов, %;

β_3 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок $\beta_3 = 1$, для прямоточных = 0,85).

K – коэффициент K для котлоагрегатов паропроизводительностью более 70 т/ч при сжигании газа и мазута во всем диапазоне нагрузок, а также при высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками выше 75 % номинальной определяется по формуле:

$$K = \frac{12D_{\phi}}{200 + D}, \text{ (а)}$$

где D и D_{ϕ} – номинальная и фактическая производительность котла или его корпуса, т/ч.

Для котлоагрегатов паропроизводительностью менее 70 т/ч:

$$K = \frac{D_{\phi}}{20}. \text{ Для водогрейных котлов } K = \frac{25Q_{\phi}}{20 + Q}, \text{ (в)}$$

где Q и Q_{ϕ} – номинальная и фактическая тепловая производительность котла Гкал/ч.

При высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками котла ниже 75 % номинальной в формулы (а) и (в) вместо D_{ϕ} и Q_{ϕ} подставляются 0,75 D и 0,75 Q , низкотемпературном – D и Q .

Содержание вредных веществ в сгораемом топливе

Наименование топлива	Содержание вредных веществ в топливе, % от массы					Q теплота сгорания
	СО	SO ₂	NO ₂	Пыль	Зола	

						ккал/кг, ккал/м ³
Средняя по углям	75,2	2,5	1,8	5,4	35	8000
Сланцы	73,5	3,9	0,3	-	53,5	8200
Торф кусковой	57,8	0,3	2,5	3,3	11	7850
Газ	12,9	-	0,023	-		8250
Мазут высокосернистый	86,2	3,0	0,5	0,06	0,3	9500
дрова	51	-	0,6	-	1,0	4510

Эффективность аппаратов газоочистки и пылеулавливания

Аппарат, установка	Эффективность, %	
	Твердые или жидкие частицы	Газообразование примеси
Золоуловители жалюзийного типа	50	
Грунтовые циклоны ЦН-15	70-85	
Мокропрутковые золоуловители	90-92	
Пылевые камеры	45-50	
Пенные аппараты	75-95	
Циклон с водяной пленкой	85-90	
Золоуловители осадочного типа	30	
Установки очистки от окислов азота на операциях травления		65-90
Гидрофильтры: форсуночные	87-94	-
каскадные	86-92	30-40
барботажно-вихревые	90-92	45-50

Значение коэффициент (C_n) кг/т или кг/тыс.м³

Вид топок	Каменные угли	Сланцы	Торф	Мазут	Газ природный
Камерные с твердым шлакоудалением для котлоагрегатов производительностью , т/ч 25	13	5,4	4,1		
35	13	5,4	4,1		
50	13	5,4	4,1		
Камерные для котлоагрегатов поизводительностью,				19,4	17,9

т/га					
До 75					
75 и >				9,6*	9,3*
Слоевые механизированные топки	25,7	31,0	16,0		

Значение коэффициента β_1 , при сжигании твердого топлива (среднее)

Топливо	Содержание азота, % среднее	При твердой средней шлакоудалении	При жидком шлакоудалении среднее
Уголь	1,5	0,913	1,05
Природный газ	-	0,85	
Мазут		0,75	

5. Удельные показатели выбросов вредных веществ от топлива, сгораемого в котлоагрегатах

	Удельные показатели в т/т				
	Твердые частицы	Сернистый ангидрид SO ₂	СО окись углерода	Окислы азота NO _x	
Угли (среднее по 5)	0,0676	0,0191	0,0423	0,00153	
Торф	0,0326	0,0018	0,024	0,00125	
Мазут высокосернистый	0,006	0,0549	0,0377	0,00257	
Газ (на 1000 м ³)	0,000024	-	0,0129	0,00215	

Производительность используемых современных котлоагрегатов для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива составляет от до 4 – 180 Гкал/ч (Q) или 4,65 до 210 МВт. КПД угольных котлов составляет 90,5 – 92,4 %. Производительность котлов, т/ч: 30-75; 75-100; 160-210; 320, коэффициент рециркуляции газов (r) – 5-20 %. Удаление золы в продуктах сгорания 3-5 %.

Потери тепла (g_4) с механическим недожогом, при $a_T = 1,15-1,20$:

1. Угли. Потери тепла в среднем находятся на уровне 2,5 - 3,0 %, торф – 0,75 %, сланцы – 0,5 %.

2. Мазут. Потери тепла (g_4) при загрузке при $a_T = 1,02 - 1,03$. При загрузке котла на 100 % потери тепла составляют 1,5 - 0,2 %, 70 – 100 % - 0,2 – 0,25 %, менее 70 % - 0,4- 0,5 %.

3. Газ. Потери тепла при $a_T 0,03 - 1,05$ и при 100 % загрузке котла равны 0,05 – 0,07 %, 70 – 100 % - 0,05 – 0,1, менее 70 % - 0,1 -0,15 %.

Базовый уровень

Произвести расчет выбросов твердых частиц, окислов серы, окиси углерода при сжигании различного вида топлив по выданным преподавателем вариантам.

Повышенный уровень

Произвести расчет выбросов окислов азота при сжигании различного вида топлив по выданным преподавателем вариантам.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие /О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс :учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н. Мясоедова. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 89 с. - ISBN 978-5-9275-2720-5

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БИОСФЕРЫ

Цель занятия: приобретение навыка расчета экологической безопасности биосферы

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные,

диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

Степень загрязнения атмосферного воздуха устанавливают по кратности превышения ПДК с учетом класса опасности, суммации биологического действия загрязнений воздуха и частоты превышения ПДК.

Кратность превышения рассчитывается по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{95}}{ПДК},$$

где C_{95} – значение концентрации вредного вещества с уровнем достоверности 95 %;

ПДК – предельно допустимые концентрации вредного вещества.

Допустимость воздействия оценивается путем сравнения максимально разовых ($M_{рз}$) и среднесуточные ($C_{ср}$) концентрации с соответствующими ПДК вредных веществ по соотношению :

$$C_{мр} = C_{ф} \leq ПДК,$$

где $C_{ф}$ – фоновая концентрация того же вредного вещества в воздухе.

Для вредных веществ, обладающих суммацией вредного действия, допустимость воздействий оценивается по сумме безмерных концентраций:

$$\frac{C_1 + C_{ф1}}{ПДК_1} + \frac{C_2 + C_{ф2}}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n + C_{фn}}{ПДК_n} < 1$$

Например, суммационное воздействие проявляют окислы азота, серы и сероводорода (NO_2 , H_2S , SO_2), а также минеральные кислоты (H_2SO_4 , HNO_2 , HCl); этилен, пропилен, анилин; озон, диоксид азота, формальдегид.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе селитебной зоны

Загрязняющие вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	
		$M_{рз}$	$C_{ср}$
Пыль нетоксичная	3	0,5	0,15
NO_2	2	0,085	0,04
SO_2	3	0,5	0,05
CO_2	4	5,0	3.0
Бензин	4	5	1,5

Вопросы и задания:

Расчет концентраций вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу от одинакового стационарного источника

Стационарными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу считаются котельные, обеспечивающие население и предприятия теплом, а также ТЭЦ и ТЭС, производящие не только тепло, но и электроэнергию. В данном случае важными факторами для уменьшения концентраций вредных веществ являются: сжигаемое сырье, высота трубы, отводящие газы и скорость перемещения воздушных масс в атмосфере, а также скорость выбрасываемых газов через устье трубы.

В зависимости от высоты выброса газов над уровнем земной поверхности, трубы подразделяют на: Высокие $H > 50$; средней высоты $H = 10-50$: низкие $H = 2-10$; $H = 2-10$ и наземные до 2 м.

Распространение промышленных выбросов в атмосфере подчиняется законом турбулентной диффузии. Горизонтальное перемещение газов зависит в основном от скорости ветра, вертикальное же перемещение зависит от температуры и плотности газов, распределения температур по высоте (инверсии $\frac{\Delta T_a}{\Delta h} > 0$, изотермии $\frac{\Delta T_a}{\Delta h} = 0$, конвенции $\frac{\Delta T_a}{\Delta h} < 0$, где ΔT_a - температура атмосферного воздуха, Δh).

Скорость ветра оказывает не однозначное влияние на рассеивание вредных веществ. С одной стороны, её увеличение способствует турбулентному перемешиванию загрязняющих веществ с окружающим воздухом и снижению их концентраций. С другой стороны, ветер уменьшает высоту выброса газов над устьем трубы, прогибая к поверхности земли, способствуя повышению концентрации. Скорость ветра, при которой приземные концентрации при прочих равных условиях имеют наибольшие значения, называется опасной скоростью ветра ($V_{об}$).

Зону задымления с максимальным содержанием вредных веществ, которая распространяется на расстоянии 10-50 высот трубы, исключают из селитебной (жилой) застройки.

Как же производится расчет максимального значения концентрации вредного вещества (C_m) и расстояние (X_p), на котором будет достигнуто значение C_m при неблагоприятных метеоусловиях исчисляется по выше написанной формуле:

$$C_m = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_s \times dT}}$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации (расслоения) атмосферы (140, 200, 240);

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

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ;

m и n – коэффициенты учитывающие условия выхода газов из устья источника;

η - коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (при перепаде высот менее 50 м на 1 км длины ($\eta = 1$));

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

ΔT – разность температур между температурой выбрасываемых газов (T_r) и окружающей среды в $^{\circ}\text{C}$, (T_b)

$$\Delta T = T_r - T_b,$$

где T_r – температура сгораемых газов на выходе из устья трубы, $^{\circ}\text{C}$.

Из уравнения $V_r = 0,785 \times D^2 \times W_0$ выводим скорость выброса газов из устья трубы:

$$W_0 = \frac{V_c}{0,785 \times D^2},$$

где D – внутренний диаметр трубы, м;

W_0 – скорость выброса газов из устья, м/с.

Находим опасную скорость воздушных масс (W_m) на уровне флюгера. Это необходимо знать для сравнения скорости выброса и сноса газов и возможное пригибание их земле.

$$W_m = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{V_c \times \Delta T}{H}}$$

После проведения расчетов двух скоростей сравнить их и дать пояснение относится ли наружная скорость движения воздушных масс к опасным по отношению к скорости выброса газов и устья трубы.

Расчет вредного вещества производим по формуле:

$$C_m(\text{so}_2) = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_c \times \Delta T}}.$$

Расчет C_m для второго и последующих загрязнений можно упростить, используя выражение:

$$C_m(\text{NO}_2) = C_m(\text{so}_2) \times \frac{M_{\text{сN}}}{M_{\text{сso}_2}} \times F_c.$$

$$C_m(\text{золы}) = C_m(\text{so}_2) \times \frac{M_{\text{золы}}}{M_{\text{с}(\text{so}_2)}} \times F_{\text{золы}}.$$

Определить ПДВ и минимальную высоту источника выбросов?

Если рассеиваются вещества, обладающие суммацией вредного действия, в расчетах следует приведенные массы выбросов M_c и фоновых концентраций C_{ϕ} . Последние определяются исходя из формулы:

$$M_c = M_1 + M_2 \times \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_2} + \dots + M_n \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_n}.$$

$$C_{\phi c} = C_{\phi 1} + C_{\phi 2} \times \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_n},$$

где $C_{\phi c}$ и $C_{\phi 1}$ – фоновые концентрации загрязняющих веществ, обладающих однонаправленным действием.

Если два вещества обладают однонаправленным действием, то подставим данные задания в формулы:

$$M_c = M_1 + M_2 \times \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_2} = M_1(\text{so}_2) + M_2(\text{NO}_2) \frac{\text{ПДК}_{1, \text{mp}}(\text{so}_2)}{\text{ПДК}_{2, \text{mp}}(\text{NO}_2)},$$

По этой же формуле определяем $C_{\phi c}$

$$C_{\phi c} = C_{\phi c}(\text{SO}_2) + C_{\phi c}(\text{NO}_2) \frac{\text{ПДК}_{1, \text{мрSO}_2}}{\text{ПДК}_{2, \text{мрNO}_2}}.$$

Максимальную высоту источника выбросов можно рассчитать по формуле:

$$H_1 = \sqrt{\frac{A \times M_c \times F \times \eta}{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \times \sqrt[3]{V_z \times \Delta T}}}.$$

Поскольку однонаправленным действием, эффектом суммации обладают SO_2 и NO_2 , то значение максимальной концентрации приведем SO_2 и рассчитаем его по формуле:

$$C_{M c} = C_{M1} + C_{M2} \times \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_2} + \dots + C_{Mn} \times \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_n}$$

$$C_{M c} = C_{M \text{SO}_2} + C_{M \text{NO}_2} \times \frac{M_{\text{пр}}(\text{SO}_2)}{M_{\text{пр}}(\text{NO}_2)},$$

Примем, что по проведенным расчетам m_1 и $n_1 = 1,31$ и $1,47$, m_0 и $n_0 = 1$.

$$\text{Отсюда, } H_2 = H_1 \times \sqrt{\frac{m_1 \times n_1}{m_0 \times n_0}},$$

Высоту трубы (H_2) определяют для полного рассеивания выбросов NO_2 и SO_2 , так как при меньшей высоте эти значения могут превышать ПДВ.

ПДВ определяется следующим образом:

$$\text{ПДВ}_c(\text{SO}_2) = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \times H^2}{A \times F \times m \times n \times \eta} \times \sqrt[3]{V_z \times \Delta T}.$$

Таким же образом находим ПДВ золы, но только вместо $F_{\Gamma} = 1$ подставим $F_{\text{зола}} = 2,5$.

Из соотношения $\frac{M_1}{M_2} = \frac{\text{ПДВ}_1}{\text{ПДВ}_2}$ можно выразить

$\text{ПДВ}_2 = \text{ПДВ}_1 \times \frac{M_1}{M_2}$ и, подставив получим уравнение

$$\text{ПДВ}_1 = \text{ПДВ}_c - \text{ПДВ}_1 \times \frac{M_2 \times \text{ПДК}_1}{M_1 \times \text{ПДК}_2}.$$

Отсюда можно рассчитать каждого вещества:

$$\text{ПДВ}_1 = \frac{\text{ПДВ}_c}{1 + \frac{M_2 \times \text{ПДК}_1}{M_1 \times \text{ПДК}_2}}.$$

Таким образом, предельно допустимый выброс (ПДВ) для газов при H равным 40 м

Расстояние (X_m) от источника выбросов, при котором максимальное значение концентрации (C_m) определяется по выражению:

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H,$$

где d – безразмерный коэффициент и находится при $\Delta T > 0$. В нашем случае будем считать, что он равен от 6,920 до 8,678.

В случае, если концентрация вредных веществ превышает предельно допустимые уровни, то необходимо увеличить высоту трубы до той величины, когда будет происходить разбавление вредных веществ до безопасного уровня.

Базовый уровень

Исходные данные для решения задачи

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
Принятая высота дымовой Трубы	H	М	40-50
Расход выбрасываемых продуктов сгорания	V_{Γ}	м/с	1,906-5,766
Масса вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу: диоксид серы (SO ₂)	M	г/с	11,5-13,6
Зола			5,944-6,255
диоксид азота			0,267-0,301
Степень очистки продуктов Сгорания от золы	μ	%	75-90
Диаметр устья трубы	D	м	0,9-1,2
Температура продуктов Сгорания	T_{Γ}	°C	138-145
Температура окружающего воздуха (зима)	$T_{\text{в}}$	°C	- 10
Температура окружающего воздуха (лето)	$T_{\text{в}}$	°C	+20
Коэффициент	m		1,250-1,260
Коэффициент	n		1,290-1,306
Значение F для вредных Газов	$F_{\text{газов}}$		1,0
Для пыли и золы при $\mu = 75\% - 90\%$	$F_{\text{золы}}$		2,5-3,0
Фоновые концентрации веществ в атмосфере:	$C_{\text{ф}}$	мг/м ³	
диоксид серы (SO ₂)			0,2
Зола			0,2
диоксид азота (NO ₂)			0,04
Безразмерный коэффициент d, который находят при $\Delta T > 0$	d		6,925-7,088

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие /О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс :учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н. Мясоедова. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 89 с. - ISBN 978-5-9275-2720-5

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. ОЦЕНКА ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОСФЕРУ

Цель занятия: приобретение навыков оценки допустимого воздействия на гидросферу.

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные, диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

Качество воды рек, озер, водохранилищ нормируется «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод загрязнений» 1991 г. Ими же устанавливаются две категории водоемов:

1- я – водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения;

2-я- водоемы рыбохозяйственного назначения.

Нормируются следующие параметры воды:

- ▶ содержание твердых взвесей;
- ▶ запах, температура, pH, ХБК и БПК;
- ▶ состав и ПДК вредных веществ и т.д.

Нормами установлены ПДК для 400 вредных веществ для культурно-бытового назначения и более 100 рыбохозяйственных водоемов.

Оценка допустимости воздействия на гидросферу производится с помощью ПДК загрязнения и его концентрации C , определенном в расчетном створе, которая не должна превышать установленные значения и выражается формулой: $\frac{C}{ПДК} < 1$.

При наличии вредных веществ санитарное состояние водоема отвечает нормам, если выполняется соотношение:

$$\sum_i^K \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где C_i – концентрация i -го вещества в расчетном створе водоема;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества;

K – количество веществ. Имеющих одинаковый ЛПВ.

Методика расчета допустимости величин сбросов сточных вод в водоем основана на следующих допущениях:

- речной поток считается безграничным;
- зона начального разбавления отсутствует;
- выпуск сточных вод сосредоточенный.

Концентрация вредных веществ, поступивших в водоем со сточными водами, по мере удаления их места сброса уменьшается (для веществ, которые называют консервативными, концентрация изменяется только вследствие разбавления).

Концентрацию консервативных веществ в максимально загрязненной части струи после перемешивания можно определить по формуле:

$$C = C_{\phi} + \frac{(C_0 - C_{\phi})}{K_p},$$

где C_{ϕ} – фоновая концентрация вредных веществ в воде, мг/л;

C_0 – концентрация вредного вещества в сточных водах, мг/л;

K_p – кратность разбавления.

$$K_p = 1 + m_c \times \frac{V_{\phi}}{V_{св}},$$

где $m_c = 0,276$; $V_{\phi} = 42 \text{ м}^3/\text{с}$; $V_{св} = 1,235 \text{ м}^3/\text{с}$.

Определить расстояние от створа практически до полного смешения по следующей формуле:

$$L_{пс} = \left[\frac{1}{K} \times \ln \left(\frac{V_{св} + 0,9 \times V_{\phi}}{0,1 \times V_{св}} \right) \right]^3.$$

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
Расход сточных вод	$V_{св}$	$\text{м}^3/\text{с}$	1,235

Концентрация нефтепродуктов в сточных водах	C_0	мг/л	23,5
Расход воды в реке	V_v	м ³ /с	42
Коэффициент смешения	m_c		0,276
Концентрация нефтепродуктов в водах до места сброса сточных вод	C_ϕ	мг/л	0,05
Коэффициент, характеризующий гидравлические условия смешивания	k		0,228

Вопросы и задания:

Базовый уровень

Оценить допустимое воздействие на гидросферу по заданным преподавателем вариантам.

Повышенный уровень

Охарактеризуйте нормативы качества окружающей среды

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие /О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс :учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н. Мясоедова. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 89 с. - ISBN 978-5-9275-2720-5

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. АВТОТРАНСПОРТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Цель занятия: Ознакомиться с видами автотранспортного загрязнения атмосферного воздуха около автомагистралей такими вредными соединениями,

как оксиды углерода, азота и свинца, ангидриды серы, углеводороды и органическая пыль.

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные, диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

Мировой автомобильный парк по некоторым данным составляет 800 млн ед. В РФ на 1997 г. он соответствовал 22,5 млн ед. Доля автомобильного парка в загрязнении биосферы в РФ равна 14 % от общего выброса, США – 55. В мегаполисах выбросы загрязняющих веществ находятся на уровне 70 – 80 % от общего объема выбросов. Кроме того, автотранспорт — основной источник акустического загрязнения окружающей среды (75 – 95 %). В крупных городах уровень шума от работы автотранспорта достигает 70 – 75 дБА, что превышает допустимые нормы. Установлено, что на сжигание 1 кг бензина современный автомобиль расходует 12 м³ атмосферного воздуха (или 250 л в кислородном эквиваленте), человек же за сутки на дыхание потребляет воздуха -15,5 м³.

В табл. 20 перечислены некоторые вредные вещества отрицательно воздействующие на здоровье человека.

Влияние выхлопных газов автомобилей на здоровье человека

Вредные вещества	Последствия воздействия на организм человека
Оксись углерода (CO)	Препятствует адсорбированию кровью кислорода, что ослабляет мыслительные способности, замедляет рефлексy, вызывает сонливость и может стать причиной потери сознания и летального исхода
Оксиды азота (N _x O _x)	Увеличивают восприимчивость организма к вирусным заболеваниям (типа гриппа), раздражают легкие, вызывают бронхит и пневмонию, отек легких
Сернистый ангидрид (SO ₂)	Раздражает слизистую оболочку органов дыхания, вызывает кашель, нарушает работу легких; снижает сопротивляемость к простудным заболеваниям; может обострить хронические заболевания сердца, а также вызывает бронхит

Свинец (Pb)	Способствует появлению отклонений в функционировании половой системы, дефектов у новорожденных, замедлению развития детей с самого раннего возраста, вызывает бесплодие, спонтанные аборты и другие нарушения
-------------	---

Вопросы и задания:

Для выполнения этого задания необходимо выбрать участок дороги длиной 500 – 1000 м и на этом отрезке определить количество автотранспорта, проходящего за 20 мин и в течение 1 ч в обоих направлениях движения по автомагистрали.

В табл. даны выбросы некоторых вредных веществ при сгорании 1 т топлива.

Значение коэффициентов (К), определяющих выброс вредных веществ (ВВ) проходящим автотранспортом в зависимости от вида топлива

Вид топлива	Значение коэффициентов (К), кг/т						
	CO	SO ₂	NO ₂	Pb	C _n H _n	П ыль	
Бензин	395	1,6	20, 0	0,7	34 ,0	2, 0	
Дизтопливо	9,0	6,0	33, 0	—	20 ,0	1 6,0	

Исходные значения для расчетов расхода топлива записаны в табл.

Норма расхода топлива

Тип автотранспорта	Норма расхода, л /100 км (Q)	Удельный расход топлива, л /км (q)
Легковой	8 – 14	
Грузовой	26 – 28	
Автобусы	30 – 32	
Дизельный	24 – 26	

Расчет сожженного топлива определяется по формуле

$$Q = q \cdot l.$$

Студент должен заполнить табл. 1 исходя из данных, полученных при подсчете автотранспорта на автомагистрали.

Таблица 1 Учет автотранспорта и расчет общего пути

Тип автотранспорта	Проехало автомобилей за 20 мин, ед	Проехало автомобилей за 1 ч, ед	Общий путь, пройденный общим количеством автомашин за 1 ч, км (l)
Легковой			
Грузовой			
Автобусы			
Дизельный автотранспорт			

Общий путь, пройденный выявленным количеством автотранспорта каждого типа за 1 ч, определяется по формуле, км:

$$П = N_a \cdot l,$$

где П — расстояние, пройденное каждым типом автомобилей, км;

N_a — количество автотранспорта, учтенного в течение 1 ч;

l — длина учетного участка (500 – 1000 м), км.

Необходимо рассчитать расход топлива каждым видом автотранспорта и записать в табл. 2.

Таблица 2 Расход топлива, л

Тип автотранспорта	Q	
	Бензин	Дизтопливо
Легковой		
Грузовой		
Автобусы		
Дизельный		
Всего:		

Все полученные расчетные показатели должны быть записаны в итоговую табл.

Количество выбросов вредных веществ для здоровья человека, поступающих в атмосферу при сгорании топлива в двигателях автомобилей оценивается расчетным методом.

Рассчитать массу выделившихся вредных веществ (m, г) по формуле

$$m = Q \cdot K_{вв} \cdot P,$$

где m — масса выделившегося вредного вещества, г;

Q — расход топлива, кг;

$K_{вв}$ — количество вредного вещества в 1 кг топлива, г;

P — плотность топлива 0,8-0,85 ДТ и 087 – 0,93 кг/л бензин Аи-80 и Аи -

или

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4},$$

где m — масса выделившегося вредного вещества, г;

M — молекулярная масса вещества;

$V (q)$ — удельный вес расхода топлива, л/км.

Атомарная масса SO_2 – 64,06; O_2 – 32; CO – 28,1; CO_2 – 44,01;

NO_2 – 46,01, NO – 30,01, C – 12,01, Pb – 207,19, $C_{20}H_{12}$ (бенз(а)пирен)- 252.

Расчет количества чистого воздуха, необходимого для разбавления опасной концентрации на учетной территории до санитарных норм

Вредное Вещество		Количество во вредного вещества в 1 кг топлива, г	Масса (m) вредного вещества в общем количестве топлива, г	Объем учетно й террито рии, m^3 (W_q)	Выброс вредных веществ на учетную террито рию, mg/m^3	Объем воздуха , необхо димый для разбавл ения, $m^3 (W_p)$	Значение ПДК, mg/m^3 (средне- суточное)
CO	Б						1,0
	ДТ						
SO ₂	Б						0,06
	ДТ						
NO ₂	Б						0,05
	ДТ						
Pd	Б						0,005
	ДТ						
C _n H _n	Б						0,4
	ДТ						
Пыль	Б						0,15
	ДТ						

Для определения выброса вредных веществ на учетной территории необходимо определить их массу (общую массу по видам) и определить объем воздуха по формуле:

$$W_y = L \cdot Ш \cdot Н,$$

где L — расстояние, взятое для учета транспорта, м (500 – 1000 м);

$Ш$ — ширина проезжей части дороги, м;

$Н$ — высота, равная росту человека, м (1,8 – 2,0 м);

W_y — объем воздуха на учетной территории, m^3 .

Объем воздуха, необходимый для разбавления (при безветрии) опасной концентрации до санитарных норм определяется следующим образом, m^3 :

$$W_p = m / \text{ПДК}.$$

► Определить содержание кислорода в %, содержащееся в приземном слое атмосферного воздуха в районе размещения автомагистрали (т.е. в том объеме воздуха, в котором определялся выброс вредных веществ), если на сжигание 1 кг топлива расходуется примерно 1,388 кг кислорода. Начальная концентрация кислорода (O_2) в воздухе равна 20,8 %.

Сделайте выводы по полученным данным.

Ваши предложения по снижению уровня атмосферного загрязнения.

► Какое количество свинца (Pb) поступит в организм человека за летний период, если коэффициент выведения свинца из организма не превышает 0,01 мг. Объем воздуха, поглощаемый человеком определяется, следующим образом (7 месяцев):

$$V_0 = V \cdot f \cdot d \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4,$$

где V – средний объем легких человека (4 л);

f – средняя частота дыхания 30 вдохов/мин;

d – средний коэффициент обмена воздуха в легких (0,3);

t_1 – количество минут в часе;

t_2 – количество часов в сутках;

t_3 – количество дней в месяце;

t_4 – количество учитываемых месяцев (7).

Следовательно, за данный период времени в организме человека накопится соединений свинца:

$$M_{Pb} = (C - a \cdot C) \cdot V,$$

где C – концентрация паров свинца в воздухе (она определена ранее);

a коэффициент выведения Pb из организма (0,01).

► Оцените, чему равна доля энергии, производимой в мире от всей энергии Солнца, достигающей земной поверхности, если в мире в 2005 году было произведено $1,12 \cdot 10^{12}$ кВт·ч энергии. Солнечная постоянная, характеризующая полный поток энергии, поступающей в единицу времени на единицу площади. Перпендикулярно направлению солнечных лучей, за пределами атмосферы, равна $8,17 \text{ Дж} / (\text{см}^2 \cdot \text{мин})$. Среднее количество радиации. Поступающее в верхние слои атмосферы от Солнца, составляет $1050 \text{ кДж} / (\text{см}^2 \cdot \text{год})$ (Q). Из этого количество радиации – 30 % отражается атмосферой и земной поверхностью (доля атмосферы (d_1) 10 %, 25 % поглощается атмосферой. 45 % поглощается Землей.

Решение.

Доля энергии от Солнца, достигающей поверхности Земли, рано: $D = Q \cdot (d_1 + d_2) = ?$ кДж / (см² · год) или кДж / (км² · год). 1 км² = 100 га.

Где d_1 и d_2 – доля энергии отражаемая и поглощаемая атмосферой В долях (0,1 и 0,25);

Q_n – плотность потока солнечного излучения за пределами атмосферы.

Полный поток солнечной энергии, достигающей поверхности земли, равен:

$$Q_n = S \cdot D = 4 \cdot \pi R^2 \cdot D \quad \text{кДж / год.}$$

$$S = 4 \pi R^2 \cdot D,$$

где R^2 – радиус земли.

Количество произведенной энергии в Мире за год соответствует $1,12 \cdot 10^{12}$ кВт · ч / год, а так как 1 кВт · ч = 3600 кДж. То $Q_{\text{чел}} = 4,0 \cdot 10^{15}$ кДж / год. Следовательно. Доля энергии производимой мировым сообществом равна:

$$D_{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{чел}}}{Q_n} \quad ? \text{кДж / год или } -1,9 \cdot 10^{-3} \text{ \%}.$$

Базовый уровень

Определить объем автотранспортного загрязнения окружающей среды и влияние загрязнителей на здоровье человека в районе автомагистрали.

Повышенный уровень

Какие виды вредных веществ выбрасываются в атмосферу при сгорании топлива в двигателе автомобиля и чем заключается опасность этих веществ для здоровья человека ?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие / О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н.

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОСФЕРЫ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ СЖИГАНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ.

Цель занятия: научиться производить расчеты выброса загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива на ТЭС.

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные, диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

При собирательстве и первобытном рыболовстве человек затрачивал энергию на питание мощностью 140 Вт, подсечно-огневом земледелии и первобытном скотоводстве — 250 – 300 Вт, традиционном земледелии – уже около 500 Вт.

За последние 200 лет из-за дополнительного использования энергии урожайность возделываемых культур на пахотных землях выросла в 3 раза, их площадь увеличилась в 2 раза, а численность населения на планете – в 5 раз.

В современном мире расходуемая мощность энергии составляет 13,2 ТВт или $13,2 \cdot 10^{12}$ Вт. Это значительно выше мощности возобновляемых биосферных источников энергии Земли. На душу населения приходится около 2,5 кВт электроэнергии в день, а признанная норма качества жизни человека характеризуется мощностью 10 кВт·ч, что достигнуто лишь в немногих развитых странах. Так, например, на душу населения Норвегия в год потребляет 26 тыс. кВт·ч, Швеция – 16 тыс. кВт·ч, США – 12 тыс. кВт·ч, Россия – около 6,7 кВт·ч, Франция – 6 тыс. кВт·ч, Италия – 3 тыс. кВт·ч, Бангладеш – 46 кВт·ч.

Известно, что существующие технологии энергетики на угле, нефти наносят вред природе и человеку вследствие выбросов летучей золы, содержащих

некоторые опасные тяжелые металлы, сернистого газа, оксидов азота, углеводородов и другие. Природный газ при сгорании образует оксиды азота, серы и пыли и т.д.

На сегодняшний день доля в загрязнении биосферы деятельностью, связанной с энергетикой, составляет 27 % от общих выбросов, в том числе 60 % оксидов азота и 45 % оксидов серы.

Кроме того, при сжигании угля зола в своем составе содержит такое количество металлов, которое превышает объем добычи из недр Земли данного вида природных ресурсов. Так, например, магния в золе находится в 1,5 раза выше, чем добывается в чистом виде, молибдена – в 3, мышьяка – в 7, ртути – в 50, урана и титана – в 10, алюминия, йода, кобальта – в 15, лития, ванадия, стронция, бериллия, циркония – в 100, галлия, германия – в 1000 раз.

Содержание в золе стронция-90 вызывает повышение фонового содержания радиоактивных элементов не только вблизи золоотвалов, но и на удаленных территориях при выдувании сухой золы воздушными потоками. Выход золы и шлака на ТЭС превышает 100 млн т в год, под золоотвалами находится более 300 тыс. км² земель, часто очень ценных для производства продуктов питания.

Выброс оксидов азота и серы приводит к выпадению кислотных дождей, а значит, к окислению почв и пресноводных водоемов, гибели части флоры и фауны. Окислы азота очень опасны и для человека – при вдыхании они образуют в легких кислоты, отрицательно влияющие на здоровье и относящиеся ко 2 классу опасности.

Для снижения мощности выбросов химических примесей в атмосферу широко используют следующие методы:

- замену экологически вредного топлива экологичным,
- сжигание топлива по специальной технологии,
- очистку выбросов.

Вопросы и задания:

Решение. Первоначально расчет пруда-охладителя необходимо выполнить на 1МВт установленной мощности (W). Годовой фонд рабочего времени для подобных объектов равен 8760 ч (t), а коэффициент использования мощности k = 0,5 – 0,9 (для расчета принять среднее значение k, равное 0,7). Годовое производство электроэнергии составит:

$$Q_{эл} = W \cdot t \cdot k.$$

Тепловые отходы сбрасываемые с АЭС в воду за год:

$$Q_{отх} = Q_{эл} \cdot k_T = \quad ? \text{ ккал,}$$

или за 1 час

$$Q = Q_{отх} / t = \quad ? \text{ ккал/ч.}$$

Площадь пруда-охладителя находим из выражения

$$S_{p1} = Q / q \cdot \Delta T = \quad ? \text{ га/МВт,}$$

где ΔT – градиент температуры охлаждающей воды, для летнего периода он не превышает 70 °С.

$$S_{оп} = S_{p1} \cdot 3000 \text{ МВт} = \quad ? \text{ га.}$$

Базовый уровень

Рассчитать объем выбросов загрязняющих веществ при производстве электроэнергии.

1. Общее производство электроэнергии в РФ в год составляет примерно 1000 млрд кВт·ч. На душу населения приходится примерно кВт·ч или 1 т у.т. (население РФ по последней переписи соответствует 145,167 млн человек).

2. На производство 1 кВт·ч электроэнергии затрачивается следующее количество ископаемого топлива:

каменного угля – 0,6 кг,

нефти-мазута – 0,3 кг,

природного газа – 1 м³, или 0,3 кг у.т.

Определить, сколько требуется топлива для выработки электроэнергии на душу населения (т) ?

3. Доля топлива при производстве электроэнергии соответствует следующим процентным соотношениям: каменного угля – 15 %, природного газа – 28 %, нефти-мазута – 27 %.

4. Рассчитать потребность в топливе для производства электроэнергии заданного региона в долевым соотношении.

5. Рассчитать выброс загрязняющих веществ в биосферу по видам топлива исходя из удельного выброса при выработке электроэнергии на ТЭС за квартал, год.

Исходные значения загрязняющих веществ при производстве электроэнергии даны в табл. 32.

6. Рассчитать плату за выброс загрязняющих веществ в атмосферу (где 60 % выброса соответствует ПДВ, остальная часть выше ПДВ в 1,15 – 1,2 раза).

7. Произвести расчет платы за хранение твердых отходов (золы) на поверхности почвы (принять выход золы 60 – 70 % от объема использования твердого топлива).

8. Определить расход кислорода при выработке электроэнергии, если при сжигании 1 кг каменного угля, мазута и природного газа расходуется около 2,2 кг кислорода (после расчета перевести в кубические метры).

9. Рассчитать “вклад” региона по выбросу углекислого газа в атмосферу при производстве электроэнергии (данные по углекислому газу приведены в табл. 32).

10. Определить, на сколько градусов поднимется температура при выбросе углекислого газа в атмосферу, если при выбросе 1 млрд т она поднимается на 0,0464 °С.

Удельный выброс загрязняющих веществ при выработке электроэнергии на ТЭС, г/кВт·ч

Загрязняющие вещества	Топливо		
	Уголь	Мазут	Природный газ

СО (окись углерода)	0,3 – 1,0	0,1 – 0,5	-
NO _x (окислы азота)	3,0 – 7,5	2,4 – 3,0	1,9 – 2,4
SO ₂ (диоксид серы)	6,0 – 12,5	4,2 – 7,5	0,02
Пыль	0,4 – 1,4	0,2 – 0,7	0,05
СО ₂ (диоксид углерода)	9 – 10	5,4	1,29

Плата за выброс загрязняющих веществ

Загрязняющие вещества	Плата за 1 т/руб.	
	В пределах установленных нормативов выбросов	Сверх лимитов выбросов
СО (оксид углерода)	0,6	3,0
NO (оксид азота)	32	175
NO ₂ (диоксид азота)	52	260
Пыль	14	69
Зола, м ³ /руб.	103	515

Повышенный уровень

• При производстве 1 кВт·ч электроэнергии на АЭС тепловые отходы в виде нагретой воды сбрасываются в воду пруда-охладителя, которая используется для охлаждения оборудования и они составляют 1900 ккал/ кВт·ч.

Необходимо рассчитать, чему должна быть равна площадь пруда-охладителя для современной АЭС мощностью 3000 МВт, если охлаждающая способность воды $q=10$ ккал (м²·ч·град).

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие /О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс :учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н. Мясоедова. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 89 с. - ISBN 978-5-9275-2720-5

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ДЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА КИСЛОРОДА

Цель занятия: научиться рассчитывать потребность древесно-кустарниковой растительности для выработки кислорода на дыхание человека и работы автотранспорта.

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные, диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

Лес – это совокупность земли, древесной, кустарниковой, травяной растительности, животных, микроорганизмов и других компонентов окружающей среды, биологически взаимосвязанных и влияющих друг на друга в своем развитии.

Лес входит в сферу высшего уровня интеграции живой материи не только как система генетическая и не просто как слагаемое природной среды, но и как экологическая система, как носитель колоссальной энергии.

По ряду важных для человечества свойств лес вполне сопоставим с мировым океаном. Лес значительно влияет на энерго- и массообмен в биосфере, на ее функционирование, формирование природной обстановки, трансформацию гидрологических, геохимических и других факторов. Суммарная мировая биомасса лесов оценивается примерно в 200 млрд т. Доля северных хвойных лесов (в основном РФ, Канада и США) составляет 14 – 15 %, тропических – 55 – 60 %. Лесные площади и ресурсы древесины на душу населения соответственно равны : в Канаде – 9,4 га и 815 м³, России – 5,2 га и 560 м³, Финляндии – 4,9 га и 351 м³, Швеции – 2,5 га и 313 м³, США – 0,9 га и 88 м³.

Леса образуют на Земле самые крупные экосистемы. В них аккумулируется большая часть органического вещества планеты, используемого затем человеком как для собственного потребления, так и восстановления исчезающих в процессе хозяйственной деятельности компонентов биосферы.

Леса активно преобразовывают химические атмосферные загрязнения, особенно газообразные, причем наибольшей окисляющей способностью

обладают хвойные насаждения, а также некоторые породы лип, верб, берез. Кроме того, лес способен поглощать отдельные компоненты промышленных загрязнений.

Растения в процессе фотосинтеза расщепляют углекислый газ, берут из него углерод, необходимый для формирования органического вещества, а кислород выделяется в атмосферу. К примеру, 1 га хорошего леса поглощает ежегодно до 6,5 т углерода и выделяет при этом около 5 т кислорода. На участках со средним древостоем поглощается соответственно углерода 4,1 т и выделяется 3,2 т O₂. В лесу радиационный фон в два раза ниже, чем в городе, и влажность больше на 15 – 20 %.

На листовой поверхности одного взрослого дерева осаждается за летний период пыли, (до) кг: вязь шероховатый 23, тополь канадский -34, вязь перистоветвистый -18, сирень – 0,6, ясень – 27, ива – 38, клен – 33, акация белая – 0,2, лох узколистный – 2.

Хорошими поглотителями свинца по обочинам дорог считаются белая акация, сирень, береза бородавчатая, лох узколистный, барбарис и др.

В процессе фотосинтеза многие древесные, кустарниковые растения выделяют особые химические соединения, которые обладают большой активностью.

Выявлено более 300 различных ароматических соединений, эфирных масел, содержащихся в воздухе леса. Так, например, 1 га лиственного леса выделяет таких веществ около 2 кг, хвойного – до 5 кг.

Лес, особенно хвойный, выделяет фитонциды, которые убивают многих болезнетворных микробов, оздоравливают воздух.

В определенных дозах фитонциды благотворно влияют на нервную систему человека, усиливают двигательную активность, секреторную функцию желудочно-кишечного тракта, способствуют улучшению обмена веществ. Фитонциды обладают ценнейшими профилактическими свойствами. Например, фитонциды почек тополя, антоновских яблок, эвкалипта губительно действуют на вирус гриппа, фитонциды капусты задерживают рост палочки Коха, фитонциды чеснока и черемши убивают как те, так и другие.

Кроме древесины леса России дают 2 млн т в год кедрового ореха, 2 млн т брусники, 1,5 млн т черники, 0,3 млн т клюквы и около 0,8 млн т съедобных грибов.

Вопросы и задания:

Алгоритм решения

1. Определить, сколько атмосферного воздуха среднестатистический человек пропускает через свои легкие по следующей формуле:

$$V_b = V' \cdot d \cdot F \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3,$$

где V_b – общий объем воздуха, пропущенный человеком через свои легкие за год;

V' – объем легких среднестатистического человека;

d – коэффициент обмена воздуха в легких человека (0,3);

F – количество вдохов и выдохов в минуту;

t_1 – минут в часе; t_2 – часов в сутки ; t_3 – суток в году; произведение $V \cdot d$ – активная емкость легких.

2. Определить количество чистого кислорода в этом объеме и пропущенного через легкие человека, используя для этого данные содержания кислорода в атмосферном воздухе (20,8 %).

3. Определить процентное соотношение кислорода, которое непосредственно используется организмом для прохождения окислительно-восстановительных реакций.

4. Определить общее количество кислорода, потребленного для жизнеобеспечения в течение года, от общего его объема, который пропускал человек через свой дыхательный аппарат и в целом населением данного региона.

5. Необходимо рассчитать количество деревьев соответствующих пород (на выбор), необходимых для продуцирования кислорода для обеспечения им в течение всего года.

6. Определить, сколько потребуется площадей лесных насаждений для обеспечения населения регионального мегаполиса кислородом. Площадь под одним взрослым деревом составляет примерно $8,5 \text{ м}^2$ (при плотности древостоя 1000 – 1200 шт/га).

7. Вычислить необходимость дополнительной посадки леса на расход кислорода автомобильным транспортом, если при сжигании 1 кг топлива расходуется 1,338 кг кислорода (население РФ составляет 145,167 млн чел, общее количество автотранспорта – 23000000 ед., средний пробег автомобиля – 20 тыс. км). Определить среднее количество единиц автотранспорта на регион.

8. Какую общую площадь лесных насаждений необходимо иметь для удовлетворения потребности населения в кислороде?

9. Рассчитать количество вырабатываемого кислорода в год всем лесным массивом РФ, площадь которого составляет приблизительно 880 млн га, учитывая, что 1000 га леса ежедневно производит 10 – 12 т кислорода.

10. Определить количество кислорода, теряемого (недополучаемого) из-за кислотных дождей. Ежегодно кислотные дожди уничтожают 10 – 15 % лесного фонда России. Какому количеству людей хватило бы для дыхания кислорода, продуцированного с этой площади.

Исходные данные по продуцированию кислорода и поглощению углекислого газа разными деревьями приведены в табл.

Продуцирование кислорода и поглощение диоксида углерода лесным массивом площадью 1 га за вегетационный период

Породный состав лесного насаждения	Поглощение CO_2 , т	Продуцирование O_2 , т	Поглощение CO_2 , м^3	Продуцирование O_2 , м^3
Ель	6,6	5,0		
Сосна	11,0	9,0		
Липа	16,5	12,5		
Дуб	29,7	22,5		
Тополь	46,2	34,9		
Смешанный с хорошим древостоем	18,9	16,7		

Посевы кукурузы	18,6	15,0		
Посевы ярового рапса	10,0	7,5		

Примечание. Плотность: $O_2 - 1,429 \text{ кг/м}^3$; $CO_2 - 1,977 \text{ кг/м}^3$. 1 л объема соответствует 1 дм^3 на сжигание 1 кг топлива расходуется $1,388 \text{ кг } O_2$.

■ Оцените срок исчезновения лесных массивов на планете (площадь суши составляет $15 \cdot 10^7 \text{ км}^2$, леса занимают около 25 % площади суши), если ежесекундно вырубается 1 га. Возобновление лесов в среднем не превышает 10 %.

Опишите основные функции лесов и последствия их интенсивного уничтожения.

Решение

Площадь вырубленных лесов в течение года с учетом возобновления составляет $S = (S_{\text{выр}}(1,0) - S_{\text{воз}}(0,1)) \cdot t_{\text{сек/час}} \cdot t_{\text{час/сут}} \cdot t_{\text{сут/год}} = ? \text{ км}^2/\text{год}$ или га/год.

$$t = \frac{S_{\text{суши}} \cdot S_{\text{леса}}}{S} = ? , \text{ лет (годы)}. S_{\text{лес}} \text{ в долях } \frac{25}{100} = 0,25 .$$

Базовый уровень

Определение площади зеленой зоны вокруг крупных мегаполисов.

Исходные данные

Объем легких среднестатистического человека составляет 4 л. Человек в состоянии покоя в минуту делает 25 – 30 выдохов, при средней нагрузке – до 50. Содержание кислорода в воздухе принять 20,8 %. Количество жителей в региональном городе составляет 70 – 75 % от общего количества населения региона. При выдохе содержание кислорода в воздухе соответствует 16,4 %. Некоторые исходные значения в табл. Средняя площадь земли, занимаемая одним взрослым деревом, равна примерно $8,3 \text{ м}^2$ исходя из средней плотности 1 га взрослого леса из 1200 деревьев.

Повышенный уровень

■ В некоторой популяции исходная численность населения составляет 2 человека (семья) (первое поколение). У родителей (в каждой семье) в этой популяции всегда рождается по четверо детей. В каждом поколении двое из четырех детей умирают до достижения половой зрелости, а взрослое население предыдущего поколения умирает. Какое количество человек генерирует исходная семья в 6-м поколении?

■ Пара из двух особей попадает в незанятую территорию и тем самым образует некоторую популяцию особей на данной территории. У родителей (каждой пары) в этой популяции рождается по четверо детенышей, и все они доживают до половой зрелости и обзаводятся потомством, а взрослые особи предыдущего поколения при появлении нового поколения умирают. Сколько особей в 6–м шестом поколении будет насчитывать данная популяция?

■ Оцените, через, сколько лет могут полностью исчезнуть лесные массивы в РФ, если ежегодно вырубается по официальным данным 2,0 – 2,5 млн га, а фактически можно увеличить эти площади в 2 – 3 раза. Возобновление леса на территории РФ согласно официальным данным составляет 20 - 25 % от объема вырубки лесов за год.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие /О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс :учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н. Мясоедова. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 89 с. - ISBN 978-5-9275-2720-5

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. ВЫБОР И РАСЧЕТ СРЕДСТВ ПО ПЫЛЕГАЗООЧИСТКЕ ВОЗДУХА

Цель занятия: научиться выбирать и рассчитывать основное оборудование.

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления

природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные, диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

Основные типы, конструкции и критерии применения средств по пылегазоочистке воздуха, изготавливаемых серийно на отечественных заводах, изложены в учебнике. При решении конкретной производственной задачи необходимо из предлагаемой заводами-изготовителями номенклатуры изделий подобрать наиболее подходящее по своим параметрам для данного случая» Это достигают расчетным путем по приведенным ниже методикам.

Методика расчетов циклона

Циклоны предназначены для сухой очистки газов от пыли со средним размером частиц более 10...20 мкм. Все практические задачи по очистке газов от пыли с успехом решаются циклонами НИИОГАЗа: цилиндрическими серии ЦН и коническими серии СК. Избыточное давление газов, поступающих в циклоны, не должно превышать 2500 Па. Температура газов во избежание конденсации паров жидкости выбирается на 30...50°C выше температуры точки росы, а по условиям прочности конструкция - не выше 400°C. Производительность циклона зависит от его диаметра, увеличиваясь с ростом последнего. Цилиндрические циклоны серии ЦН предназначены для улавливания сухой пыли аспирационных систем. Их рекомендуется использовать для предварительной очистки газов при начальной запыленности до 400 г/м³ и устанавливать перед фильтрами и электрофильтрами.

Конические циклоны серии СК, предназначенные для очистки газов от сажи, обладают повышенной эффективностью по сравнению с циклонами типа ЦН за счет большего гидравлического сопротивления. Входная концентрация сажи не должна превышать 50 г/м³.

Для расчетов циклонов необходимы исходные данные: объем очищаемого газа Q , м³/с; плотность газа при рабочих условиях ρ , кг/м³, вязкость газа при рабочей температуре μ , Па*с;

диаметр и дисперсный состав пыли dn и $lg\sigma_n$; входная концентрация пыли $c_{вх}$, г/м³; плотность частиц пыли, ρ_n , кг/м³; требуемая эффективность очистки газа η .

Расчет циклонов ведется методом последовательных приближений в следующем порядке:

1. Задавшись типом циклона, определяют оптимальную скорость газа $W_{опт}$ в сечении циклона диаметром D по следующим данным:

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СКД-ЦН-33	СК-ЦН-
34	СК-ЦН-34М				

W_{opt} , м/с 4,5 3,5 3,5 2,0 1,7 2,0

2. Определяют диаметр циклона D , м, по формуле

$$D = \sqrt{4Q / \pi \cdot W_{opt}}$$

Полученное значение D округляют до ближайшего типового значения внутреннего диаметра циклона. Если расчетный диаметр циклона превышает его максимальное допустимое значение, то необходимо применять два или более параллельно установленных циклонов. В РФ для циклонов принят следующий ряд внутренних диаметров D , мм: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400 и 3000.

3. По выбранному диаметру циклона находят действительную скорость газа в циклоне, м/с, по формуле:

$$W = 4Q / (\pi \cdot n \cdot D^2)$$

где n - число циклонов. Действительная скорость в циклоне не должна отличаться от оптимальной более чем на 15%.

4. Вычисляют коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона по формуле

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500}$$

где K_1 - поправочный коэффициент на диаметр циклона (табл.);

K_2 - поправочный коэффициент на запыленность газа (табл.); ξ_{500} - коэффициент гидравлического сопротивления одиночного наклона диаметром 500 мм (табл.).

Таблица. Поправочный коэффициент на диаметр циклона

Тип циклона	Значение K_1 для D , мм				
	150	200	300	45	\geq
ЦН-11	0,9	0,9	0,9	0,	1,
ЦН-15, ЦН-24	0,8	0,9	0,9	1,	1,

1	2	3	4	5	6
СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица 2.2. Поправочный коэффициент на запыленность газа

Тип циклона	Значение K_2 при $C_{вх}$, г/м ³						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,96	0,96	0,92	0,90	0,87	-
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК-ЦН-33	1	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК-ЦН-34	1	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК-ЦН-34М	1	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблица 2.3. Коэффициент гидравлического сопротивления циклона диаметром 500 мм

Значение ξ_{500}	Тип циклона					
	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-24	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
При выхлопе в атмосферу	245	155	75	520	1050	-
При выхлопе в сеть	250	163	80	600	1150	2000

5. Определяют гидравлическое сопротивление циклона. Па, по формуле

$$\Delta p = \xi \cdot \rho \cdot W^2 / 2 \quad (2.4) \text{ где } \rho \text{ и } W - \text{соответственно плотность и скорость}$$

газа в расчетном сечении циклона;

ξ - коэффициент гидравлического сопротивления.

6. По табл. 2.4 находят значения параметров пыли d_{50}^T и $lg \sigma_n$ для выбранного типа циклона.

Таблица 2.4. Значения параметров пыли d_{50}^T и $lg \sigma_n$

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
d_{50}^T , мкм	8,5	4,5	3,65	2,31	1,95	1,3
$lg \sigma_n$	0,308	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340

7. Ввиду того, что значения \bar{d}_{50}^T , приведенные в табл. 2.4, определены по условиям работы типового циклона ($D_T = 0,6$ м; $\rho = 1930$ кг/м³; $\mu = 22,2 \times 10^{-6}$ Па*с; $W_T = 3,5$ м/с), необходимо учесть влияние отклонений условий работы от типовых на величину d_{50} , мкм, по формуле:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\left(\frac{D}{D_T}\right) \cdot \left(\frac{\rho_{пл}}{\rho_n}\right) \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_n}\right) \cdot \left(\frac{W_T}{W}\right)}$$

8. Рассчитывают параметр x по формуле

$$x = \lg(d_n / d_{50}) / \sqrt{\lg^2 \sigma_n + \lg^2 \sigma_n}$$

а по табл. находят параметр $\Phi(x)$.

Таблица Значения параметра $\Phi(x)$

x	-	-	-	-	-	-	-	-0,8
Φ	0,0	0,	0,0	0,	0,0	0,1	0,	0,21
x	-	-	-	0	0,2	0,4	0,	0,8
Φ	0,2	0,	0,4	0,	0,5	0,6	0,	0,78

x	1,0	1.	1.4	1,	1,8	2,0	2,
Ф	0.8	0.	0.9	0.	0.9	0.9	0.

9. Определяют эффективность очистки газа в циклоне по формуле $\eta = 0.5(1 + \Phi(x))$, где $\Phi(x)$ - табличная функция от параметра x , рассчитанного по формуле (2.6).

10. Если расчетное значение η окажется меньше необходимого по условиям допустимого выброса пыли в атмосферу, то нужно выбрать другой тип циклона с большим значением коэффициента гидравлического сопротивления. Для ориентировочных расчетов можно пользоваться формулой

$$\frac{\xi_1}{\xi_2} = \left(\frac{1 - \eta_1}{1 - \eta_2} \right)^2 \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{D_1}{D_2},$$

где индексы 1 и 2 соответствуют двум разным циклонам.

Методика расчета скруббера Вентури

Скрубберы Вентури нашли наибольшее применение среди аппаратов мокрой очистки газов с осаждением частиц пыли на поверхность капель жидкости. Они обеспечивают эффективность очистки 0,96...0,98 на пыли со средним размером частиц 1...2 мкм при начальной концентрации пыли до 100 г/м³. Удельный расход воды на орошение при этом составляет 0,4...0,6 л/м³.

Для расчетов эффективности очистки от пыли производственных выбросов скруббером Вентури необходимы следующие исходные данные: плотность газа в горловине ρ_{Γ} , кг/м³; скорость газа в горловине W_{Γ} , м/с; массовый расход газа M_{Γ} , кг/с; массовый расход орошающей жидкости $M_{\text{ж}}$, кг/с; удельный расход жидкости m , л/м³; давление жидкости $p_{\text{ж}}$, кПа; плотность жидкости $\rho_{\text{ж}}$, кг/м³,

Расчет ведется в следующем порядке:

1. Определяют гидравлическое сопротивление сухой трубы Вентури, Н/м², по формуле

$$\Delta p_c = \xi_c * W_{\Gamma}^2 * \rho_{\Gamma} / 2$$

где ξ_c - коэффициент гидравлического сопротивления сухой трубы; W_{Γ} - скорость газа в горловине, м/с; ρ_{Γ} - плотность газа в горловине, кг/м³.

2. Рассчитывают гидравлическое сопротивление, обусловленное введением орошающей жидкости, Н/м², по формуле

$$\Delta p_{\text{ж}} = \xi_{\text{ж}} * W_{\Gamma}^2 * \rho_{\text{ж}} / 2 \quad \text{где} \quad \xi_{\text{ж}} -$$

коэффициент гидравлического сопротивления трубы, обусловленный вводом жидкости; $\rho_{\text{ж}}$ - плотность жидкости, кг/м³; m - удельный расход жидкости на орошение, л/м³.

При этом величина $\xi_{\text{ж}}$ определяется из соотношения

$$\xi_{\text{ж}} / \xi_c = 0,63 (M_{\text{ж}} / M_{\Gamma} \cdot \rho_{\Gamma} / \rho_{\text{ж}})^{-0,3}$$

где $M_{\text{ж}}$ и M_{Γ} - массовые расходы жидкости и газа, кг/с.

3. Находят гидравлическое сопротивление трубы Вентури, Н/м² по формуле

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_{\text{ж}}$$

4. Находят суммарную энергию сопротивления K_{Σ} , Па, по формуле

$$K_{\Sigma} = \Delta p + p_{\text{ж}} (v_{\text{ж}} / v_{\Gamma})$$

где $p_{ж}$ - давление распыляемой жидкости на входе в пылеуловитель, Па; $v_{ж}$, $v_{г}$ соответственно, объемные расходы жидкости и газа, м³/с.

5. Определяют эффективность скруббера Вентури по формуле

$\zeta = 1 - e^{-B \cdot K_T^n}$, где K_T - суммарная энергия сопротивления, Па; B и n - константы, зависящие от физико-химических свойств и дисперсного состава пыли (см. табл. 2.6).

Таблица 2.6. Значения B и n

№	Загрязнитель	B	n
1	Конверторная пыль	$9,88 \cdot 10^{-2}$	0,4663
2	Ваграночная пыль	$1,355 \cdot 10^{-2}$	0,6210
3	Мартеновская пыль	$1,915 \cdot 10^{-2}$	0,5688
4	Сажа	10^{-5}	1,36
5	Туман фосфорной кислоты	$1,34 \cdot 10^{-2}$	0,6312

Методика расчета адсорбера

Метод адсорбции основан на физических свойствах некоторых твердых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты из газовой среды. Исходные данные для расчета - род поглотителя и поглощаемого вещества; количество очищаемого газа G , кг/с; концентрация поглощаемого вещества на входе в адсорбер C_0 , кг/м³. Кроме того, нужно знать физико-химические константы поглотителя и поглощаемого вещества и иметь изотерму адсорбции поглощаемого вещества в поглотителе, Расчет адсорбера ведут в следующем порядке:

1. Выбирают тип сорбента и рабочую температуру. Для увеличения его

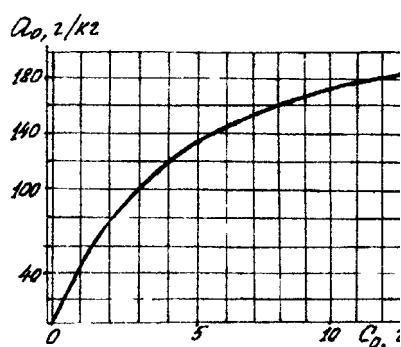


Рис. 2.1. Изотерма паров этилового спирта на активированном угле при 20°

емкости рабочая температура выбирается минимально возможной. Изотерма адсорбции паров этилового спирта на активированном угле при 20 °С представлена на рис. 2.1. По изотерме адсорбции и заданной величине c_0 г/м³, находят статическую емкость сорбента a_0 , г/кг.

2. Определяют весовое количество очищаемого газа, G -, кг/с, из выражения

$$G = L_M \cdot \rho_{г} / 3600,$$

где L_m - производительность местного отсоса от паровоздушной смеси, м³/ч;

ρ_r - плотность паровоздушной смеси, кг/м³.

3. Переводят весовую статическую емкость сорбента a_0 , в объемную a'_0 , кг/м³, по формуле:

$$a'_0 = a_0 \cdot \rho_H / 1000.$$

где ρ_H - насыпная плотность выбираемого сорбента, кг/м³.

4. Определяют массу сорбента, кг, по формуле

$$m_c = K \cdot G \cdot \tau / a'_0$$

где $K = 1,1 \dots 1,2$ - коэффициент запаса;

τ - продолжительность процесса сорбции, с;

G - весовое количество очищаемого газа, кг/с;

C_0 - концентрация поглощаемого вещества на входе в адсорбер, кг/м³;

a'_0 - статическая емкость адсорбера, кг/м³.

5. Выбирают скорость потока газа в адсорбере W , м/с. Обычно фиктивная скорость паровоздушной смеси или скорость, рассчитанная на полное сечение слоя, выбирается в пределах 0,1...0,25 м/с.

6. Определяют геометрические размеры адсорбера. Так, для цилиндрического аппарата диаметр D_a , м, и длину (высоту) слоя адсорбента L_a , м, подсчитывают по формулам:

$$D_a = \sqrt{\frac{4G}{\pi \rho_r \cdot W}};$$

$$L_a = m_c \cdot W / G.$$

7. Находят пористость сорбента по формуле

$$\Pi = \frac{\rho_K - \rho_H}{\rho_K},$$

где ρ_K и ρ_H - кажущаяся и насыпная плотность сорбента, кг/м³

8. Рассчитывают эквивалентный диаметр зерна сорбента, м, по формуле

$$d_{\text{э}} = \frac{\Pi \cdot d \cdot l}{(1 - \Pi) \cdot (d/2 + l)},$$

где d и l - диаметр и длина зерна сорбента, м.

9. Коэффициент трения λ находят в зависимости от характера движения по выражению

$$\text{при } Re < 50 \quad \lambda = 220 / Re;$$

$$\text{при } Re \geq 50 \quad \lambda = 11,6 / Re^{0,25},$$

где $Re = W \cdot d_{\text{э}} / (\nu \cdot \Pi)$ - критерий Рейнольдса; ν - кинематическая вязкость газа, м/с.

10. Определяют гидравлическое сопротивление, оказываемое слоем зернистого поглотителя при прохождении через него потока очищаемого газа Δp , Па, по формуле

$$\Delta p = \frac{3}{4} \lambda \cdot \frac{L_a \cdot \rho_r \cdot (1 - \Pi) \cdot W^2}{\Phi \cdot d_{\text{э}} \cdot \Pi^3},$$

где $\Phi = 0,9$ - коэффициент формы.

11. Определяют коэффициент молекулярной диффузии паров этилового спирта в воздухе при заданных условиях T и P по формуле

$$D = D_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{P_0}{P},$$

где $D_0 = 0,101 \cdot 10^{-4}$ при $T_0 = 273^\circ\text{K}$ и атмосферном давлении $P_0 = 9,8 \cdot 10^4$ Па.

12. Находят диффузионный критерий Прантля по формуле

$$Pr = \nu / D. \quad (2.26)$$

13. Для заданного режима течения газа (определяется значением Re) вычисляют величину коэффициента массопередачи для единичной удельной поверхности, м/с:

$$\text{при } Re < 30 \quad \beta = 0,833 \cdot (Re)^{0,47} \cdot (P_2)^{0,35} \cdot D / d_p;$$

$$\text{при } Re \geq 30 \quad \beta = 0,53 \cdot (Re)^{0,64} \cdot (P_2)^{0,33} \cdot D / d_p.$$

14. По изотерме адсорбции (см. рис. 2.1) a^∞ находят величину - количество вещества, a^∞ / ρ максимально сортируемое поглотителем при данной температуре, и величину концентрации поглощаемого вещества на входе в адсорбер C_x , соответствующую величине

15. Рассчитывают удельную поверхность адсорбента $f \text{ м}^2 / \text{м}^3$ по формуле:

$$f = \frac{4 \cdot (I - II)}{d \cdot \ell} \cdot \left(\frac{d}{2} + \ell \right),$$

16. Определяют концентрацию паров этилового спирта на выходе из аппарата, $\text{г} / \text{м}^3$, по формуле

$$c_k = c_0 (1 - \eta)$$

где η - эффективность процесса очистки.

17. Находят продолжительность защитного действия адсорбера, τ , по формуле:

$$\tau = \frac{a_0}{W \cdot c_0} \left\{ L a - \frac{W}{\beta \cdot f} \left[\frac{c_x}{c_0} \ln \left(\frac{c_0}{c_x} - 1 \right) + \ln \left(\frac{c_0}{c_k} - 1 \right) \right] \right\}$$

18. Если получаемое время защитного действия адсорбера отличается от заданного на величину $\Delta \tau$, то изменяем длину (высоту) слоя сорбента на величину $\Delta L a$, м, определяемую по формуле

$$\Delta L a = \frac{G \cdot c_0 \cdot \Delta \tau}{\rho_H \cdot F \cdot a_0},$$

где F - площадь поперечного сечения слоя адсорбента, м^2 .

Конструктивно аппараты адсорбции выполняются в виде вертикальных, горизонтальных или кольцевых емкостей, заполненных пористым сорбентом, через который фильтруется поток очищаемого воздуха.

Вопросы и задания:

Базовый уровень

Задание № 1. Подобрать циклон, обеспечивающий степень эффективности очистки газа от пыли не менее $\eta = 0,87$, по данным табл. 2.7. При этом приняты

следующие обозначения и некоторые значения: Q , м³/с - количество очищаемого газа; $\rho = 0,89$ кг/м³ - плотность газа при рабочих условиях; $\mu = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Н*с/м² - вязкость газа; $\rho_{п}$, кг/м³ - плотность частиц пыли, диаметр $d_{п}$, мкм и дисперсность $lg \sigma_n$, $C_{вх}$, г/м³ - входная концентрация пыли. Дать чертеж подобранного циклона.

Вариант	Q	ρ_n	d_n	$lg \sigma_n$	$C_{вх}$
1	1,2	1930	20	0,5	10
2	1,5	1800	25	0,6	20
3	1,8	1870	15	0,5	40
4	1,0	1000	10	0,5	40
5	1,4	1950	80	0,4	25
6	1,3	1900	30	0,7	80
7	1,1	1300	40	0,5	30
8	1,6	1450	50	0,4	120
9	1,7	1560	35	0,3	150
10	1,5	1920	45	0,5	120
11	1,2	1200	15	0,6	20
12	1,1	1500	50	0,4	30
13	1,6	1870	20	0,6	40
14	1,8	1970	28	0,6	120
15	1,5	1860	44	0,7	160
16	1,4	1750	25	0,6	80
17	1,3	1680	45	0,7	150
18	1,2	1950	38	0,5	120
19	1,1	1380	50	0,6	40
20	1,5	1830	40	0,5	20
21	1,3	1750	20	0,4	80
22	1,2	1930	15	0,5	120
23	1,5	1950	30	0,5	40
24	1,4	1880	40	0,4	20
25	1,3	1100	20	0,5	40

Задание № 2. Рассчитать эффективность применения скруббера Вентури для очистки от пыли производственных выбросов по данным табл. 2.8. При этом приняты следующие обозначения и некоторые значения: плотность газа в горловине $\rho_{г} = 0,9$ кг/м³; скорость газа в горловине W_r , м/с; массовый расход газа $M_{г}$, кг/с; массовый расход орошающей жидкости $M_{ж}$, кг/с; удельный расход жидкости m , л/м³, давление $P_{ж} = 300$ кПа, плотность жидкости $\rho_{ж} = 1000$ кг/м³; коэффициент гидравлического сопротивления сухой трубы $\xi = 0,15$; требуемая эффективность очистки от пыли не менее 0,9. Дать чертеж принятого скруббера Вентури.

Вариант	Загрязнитель по табл. 4.6	ш	W_r	M_T	M_K
1	2	3	4	5	6
1	1	0,4	60	0,8	0,800
2	2	0,5	65	0,9	0,851
3	3	0,6	70	1,0	0,889
4	4	0,7	75	1,1	0,895
5	5	0,8	80	1,2	0,992
6	1	0,9	85	1,3	1,000
7	2	1,0	90	1,4	1,102
8	3	1,1	95	1,5	1,125
9	4	1,2	100	1,4	1,111
10	5	1,3	105	1,3	1,102
11	1	1,4	110	1,2	1,000
12	2	1,5	115	1,1	0,998
13	3	1,6	120	1,0	0,895
14	4	1,7	125	0,9	0,889
15	5	1,6	130	0,8	0,850
16	1	1,5	135	0,9	0,865
17	2	1,4	140	1,0	0,889
18	3	1,3	145	1,1	0,895
19	4	1,2	150	1,2	1,000
20	5	1,1	155	1,3	1,102
21	1	1,0	160	1,4	1,115
22	2	0,9	165	1,5	1,125
23	3	0,8	170	1,4	1,102
24	4	0,7	175	1,3	1,000
25	5	0,6	180	1,0	0,885

Повышенный уровень

Задание № 1. Определить размеры, энергозатраты и время защитного действия адсорбера для улавливания паров этилового спирта, удаляемых местным отсосом от установки обезжиривания при условии непрерывной работы в течение 8 ч. Расчет выполнить по данным табл. 2.9. При этом приняты следующие обозначения и исходные значения; производительность местного отсоса L_m , м³/ч; начальная концентрация спирта C_0 , г/м³; температура в адсорбере $t_p = 20^\circ\text{C}$ и давление $P = 9,8 \cdot 10^4$ Н/м²; плотность паровоздушной смеси $\rho_r = 1,2$ кг/м³ и ее вязкость $\nu = 0,15 \cdot 10^{-4}$ м²/с; диаметр гранул поглотителя (активированный уголь) $d=3$ мм; длина гранулы $l=5$ мм; насыпная плотность $\rho_{п} = 500$ кг/м³; кажущаяся плотность $\rho_{к} = 800$ кг/м³; эффективность процесса очистки $\eta = 0,99$. Представить чертеж рассчитанного адсорбера.

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L_m , м ³ /ч	100	110	120	130	140	150	160	170	180
C_0 , г/м ³	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Номер варианта	10	11	12	13	14	15	16	17	18
L_m , м ³ /ч	190	200	210	220	230	240	250	260	270
C_0 , г/м ³	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Номер варианта	19	20	21	22	23	24	25
$L_m, \text{ м}^3/\text{ч}$	280	290	300	310	320	330	340
$C_0, \text{ г}/\text{м}^3$	5	6	7	8	9	10	11

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие /О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс :учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н. Мясоедова. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 89 с. - ISBN 978-5-9275-2720-5

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ

Цель занятия: изучение расчетов очистки производственных стоков

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные, диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

. Методика расчета

Оценка требуемой очистки сточных вод (СВ) позволяет сделать обоснованный выбор типа и мощности очистных сооружений, вариантов размещения оголовков выпуска (у берега или в стрежень) и их конструктивных особенностей. Участок водоема от места выпуска стоков условно делят на зоны: 1) начального разбавления, в которой скорости истечения стоков (V_c) существенно выше скорости потока воды (V_n); 2) основного разбавления, в которой $V_c = V_n$ и перемешивание стоков идет за счет турбулентной диффузии; 3) зона самоочищения, которую в расчетах не учитывают. Общее разбавление СВ определяют как произведение краткости начального и основного разбавления (n_n и n_o), являющихся результатом перемешивания стоков в 1 и 2 зонах [9].

Значение n_n определяют по формуле

$$n_n = \frac{0,248}{m} d^2 \left(\sqrt{m^2 + 8,1 \left(\frac{1-m}{d^2} \right)} - m \right),$$

где d – отношение расчетного диаметра струи к диаметру выпускных отверстий; m – безразмерный коэффициент, величину которого находят по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_c} \cdot \frac{v_n^2}{v_c^2}};$$

ρ_n и ρ_c – плотности соответственно потоков воды и СВ, принимаемые обычно равными единице.

Значение n_o находят как обратную величину коэффициента смешения γ , определяемого по формуле

$$\gamma = \frac{1 - \exp^{-\alpha \sqrt{l_\phi}}}{1 + \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} \exp^{-\alpha \sqrt{l_\phi}}},$$

где l_ϕ – расстояние от выпуска СВ до створа водопользования по фарватеру, км; α – безразмерный коэффициент, учитывающий гидрологические особенности водоема. Значение α находят по формуле

$$\alpha = \tau \cdot \int \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{\max}}},$$

где τ – коэффициент, учитывавший место выпуска (при выпуске в стрежень $\tau = 1,5$, у берега – 1,0); \int – коэффициент извилистости, равный отношению расстояния от места выпуска до створа водопользования по прямой l_n к расстоянию между местом выпуска и створом водопользования по фарватеру – l_ϕ , D – коэффициент турбулентной диффузии.

Для условий задания D зачисляют по формуле

$$D = V_n \cdot h / 200,$$

где h – глубина водоема, м.

Расчетную концентрацию ЗВ (C_p , мг/л) после полного перемешивания находят по формуле

$$C_p = C_{исх} / (n_n \cdot n_o),$$

где $C_{исх}$ – концентрация ЗВ в неочищенных стоках, мг/л. Требуемая степень очистки \mathcal{E}_0 определяется по формуле

$$\mathcal{E}_0 = (C_p - C_{пдк}) / C_p,$$

Значения ПДК для ЗВ берут из сборника [4, 10], при наличии фонового загрязнения $C_{пдк}$ уменьшается на величину фоновой концентрации данного ЗВ.

Если $C_p \leq \text{ПДК}$, то \mathcal{E}_0 не определяют по формуле (5.7) из-за нецелесообразности очистки.

Вопросы и задания:

Базовый уровень

Задание № 1. По исходным данным табл. определить требуемую степень очистки производственных стоков с максимальным расходом Q_{\max} содержащих ЗВ с концентрацией $C_{исх}$, при двух вариантах выпуска – у берега и в стрежень реки с фоновым загрязнением 20% от ПДК ЗВ. Глубина реки h , минимальный расход воды Q_{\min} , скорость потока $V_{п}$, скорость истечения стоков V_c . Створ водопользования находится от места выпуска на расстоянии $l_{п}$ по прямой и $l_{ф}$ по фарватеру. Отношение расчетного диаметра струи к диаметру оголовков равно d , плотности стоков и воды в потоке равны единице. Створ водопользования совпадает со створом полного разбавления. Дать оценку каждому варианту выпуска и обосновать инженерные решения по защите водоема от загрязнения, превышающего ПДК.

Ва- ри- ант	Загрязняющее вещество	Q_{\max} , м ³ /с	Q_{\min} , м ³ /с	V_c , м/с	V_n , м/с	h , м	l_n , км	l_p , км	$C_{\text{ср}}$, мг/л	d
1	Медь	1	100	2,5	0,35	3	2	3	150	2
2	Железо	2	90	2,6	0,40	3,1	2	4	120	2,5
3	Цинк	3	120	2,7	0,45	3,2	2,2	3	160	3
4	Хром (Cr^{+++})	4	160	2,8	0,50	3,3	2,2	4	100	3,5
5	Сероуглерод	1	150	2,9	0,55	3,4	2,4	3	80	4
6	Ацетон	2	140	3,0	0,60	3,5	2,4	4	200	4,5
7	Бензол	3	130	3,1	0,55	3,6	2,6	3	100	5
8	Аммиак (по азоту)	4	120	3,2	0,50	3,7	2,6	4	350	5,5
9	Аммония сульфат (по азоту)	1	110	3,3	0,45	3,8	2,8	6	150	6
10	Железо	2	100	3,4	0,40	3,9	2,8	4	100	5,5
11	Толуол	3	90	2,5	0,35	4,0	3,0	6	100	2
12	Фурфурол	4	100	2,6	0,40	4,1	3,0	4	140	2,5
13	Глицерин	1	110	2,7	0,45	4,2	3,2	6	120	3
14	Спирт метиловый	2	120	2,8	0,50	4,3	3,2	7	300	3,5
15	Пропилен	3	130	2,9	0,55	4,4	3,4	6	80	4
16	Нитраты по NO_2	4	140	4,0	0,40	4,5	3,6	7	500	3,5
17	Уксусная кислота	1	150	4,1	0,45	4,4	3,6	6	140	4
18	Алюминий	2	160	4,2	0,50	4,3	3,4	8	120	4,5
19	Капролактан	3	170	4,3	0,45	4,2	3,4	6	200	5
20	Цинк	4	160	3,0	0,60	4,1	3,2	8	150	4,5
21	Железо	1	150	4,5	0,35	4,0	3,2	6	100	6
22	Медь	2	140	3,1	0,55	3,9	3,1	5	120	5
23	Ацетон	3	130	3,2	0,50	3,8	3,1	6	300	5,5
24	Пропилен	4	120	3,3	0,45	3,7	3,0	5	100	6
25	Сероуглерод	1	110	3,4	0,40	3,6	3,0	6	150	5,5

Повышенный уровень

На основании данных, полученных в задание 1 :

- 1) выберите места сброса (у берега или в стрежень);
- 2) оцените целесообразность применения рассеивающих выпусков при неполном перемешивании СВ до створа водопользования (определяется по соотношению между кратностью полного разбавления и частным от деления Q_{\min} на Q_{\max});

3) выберите и обоснуйте методы и средства очистки для заданного ЗВ (анализируются методы – адсорбции, флотации, электрохимической и биологической очисток, а также конкретные технические средства – магнитные сепараторы, озонаторы и др.).

В итоговом заключении по заданию приводите расчетную концентрацию ЗВ и его лимитирующий показатель вредности, требуемую степень очистки, а также рекомендуемые методы и средства по уменьшению загрязнения.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие /О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс :учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н. Мясоедова. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 89 с. - ISBN 978-5-9275-2720-5

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9. ПЛАТА ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Цель занятия: изучить основы расчета платы за загрязнение атмосферы вредными веществами

Современная экологическая обстановка такова, что перед всеми кто осуществляет научно – технический прогресс и использует его достижения, встало неотложное объективное требование: строго учитывать ранимость природы, не допускать превышения пределов возможности восстановления природных процессов, всесторонне и глубже изучать и знать сложные, диалектически взаимосвязанные природные явления, не обострять негативные противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов в окружающей среде, именно поэтому весьма актуальна.

Теоретическая часть

В соответствии с постановлением Совета Министров РСФСР от 9 января 1991 г. № 13 предприятия, расположенные на территории России, впервые были обязаны вносить плату за загрязнение окружающей среды. В настоящее время действует постановление Российской Федерации от 12.06.2003 г. № 344 “О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ

стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления, другие виды вредного воздействия”, согласно которому плата взимается с предприятий, объединений, кооперативов и организаций, СПК, ЗАО, ОАО, учреждений, обладающих правами юридического лица (далее "предприятия"), вне зависимости от форм собственности и организации хозяйственной деятельности за загрязнение окружающей среды".

Требования охраны окружающей среды определяются разрешениями на природопользование, выдаваемыми местными (республиканскими, краевыми, областными) органами, содержащими соответствующие лимиты и нормативы, нормы и правила. Для каждого предприятия устанавливаются предельно допустимые нормативы выбросов (сбросов, размещения), загрязняющих веществ в окружающую среду.

На период достижения предельно допустимых нормативов устанавливаются лимиты природопользования с учетом экологической обстановки в регионе, видов используемого сырья, применяемого природоохранного оборудования, проектных показателей и особенностей технологического режима работы предприятия, а также уровня фонового загрязнения окружающей среды. В случае достижения предприятием ПДВ (НДС, нормативов размещения отходов) лимиты выбросов (сбросов, размещения) загрязняющих веществ на последующие годы устанавливаются на уровне ПДВ (НДС) и не меняются до их очередного пересмотра. Для проектируемых и строящихся предприятий лимиты устанавливаются на уровне ПДВ (НДС) и предельного объема размещения отходов.

Лимиты (квоты) на природопользование представляют собой установленные предприятием на определенный период объемы (режимы и другие параметры) использования природных ресурсов, выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в природную среду и размещения отходов.

Сроки достижения нормативных уровней природопользования и лимиты по годам определяются с учетом реализации общесоюзной, республиканских и местных природоохранных программ.

Лимиты выбросов (сбросов) по загрязняющим веществам, оказывающим влияние на глобальные изменения в биосфере или учитываемым в трансграничном (межрегиональном) загрязнении окружающей среды, устанавливаются на договорной основе между заинтересованными сторонами с учетом принятых международных обязательств и затем доводятся до краев, областей, городов и предприятий.

Нормативы устанавливают плату:

- за выброс в атмосферу загрязняющих веществ;
- сброс в водные объекты загрязняющих веществ;
- размещение (хранение, захоронение) отходов в природной среде.

За выбросы (сбросы, размещения) загрязняющих веществ в природную среду (в дальнейшем "выбросы загрязняющих веществ") устанавливаются два вида нормативов платы:

- за установленные лимиты выбросов загрязняющих веществ;
- за превышение установленных лимитов выбросов загрязняющих веществ.

Устанавливаемые нормативы платы не распространяются на случаи аварийных и залповых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ. В этих случаях предприятия возмещают нанесенный ущерб согласно искового заявления по решению суда.

Плата за выбросы загрязняющих веществ является формой компенсации ущерба, наносимого загрязнением окружающей среды. Нормативы платы рекомендуется (в настоящее время так и есть) устанавливать на уровне республики, края (без областного деления) исходя из общегосударственных и республиканских нормативно-методических документов и дифференцировать с учетом местных условий, состава и свойств выбрасываемых загрязняющих веществ.

Плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов рассматривается как плата за использование природного ресурса (способности природной среды к нейтрализации вредных веществ).

Нормативы платы за выбросы - загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов определяют исходя из затрат в целом по региону (автономная республика, край область, крупные города) на предотвращение и компенсацию ущерба, наносимого загрязнением окружающей среды, предусмотренных заинтересованными сторонами и местными природоохранными программами, планами (без учета затрат на мероприятия, осуществляемые предприятиями за счет собственных средств).

Плата за выбросы загрязняющих веществ сверх установленных лимитов применяется в случаях невыполнения предприятиями обязательств по соблюдению согласованных лимитов выбросов.

Нормативы платы за превышение лимитов выбросов загрязняющих веществ определяются исходя из затрат предприятий на предотвращение ущерба и взимаются в кратном размере. В настоящее время нормативы платы за превышение лимитов выбросов превышают "лимитные нормативы" в 5 раз. Между тем рекомендовано ограничить размеры взимаемой платы за превышение лимитов выбросов на переходный период к рыночной экономике нормативными актами государств СНГ, решениями органов местного самоуправления на уровне 10 % от прибыли, остающейся в распоряжении предприятия.

При введении платы за выбросы загрязняющих веществ местные (республиканские, краевые, областные) органы управления по представлению соответствующих органов устанавливают и доводят до предприятий;

- перечень ингредиентов загрязняющих веществ (номенклатуру отходов) для расчета лимита выбросов загрязняющих веществ;

- лимиты выбросов загрязняющих веществ по предприятиям;
- нормативы платы за установленные лимиты выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и размещения отходов;
- нормативы платы за превышение установленных лимитов выбросов загрязняющих веществ.

На основе доведенных нормативов и лимитов предприятия самостоятельно рассчитывают и проектные величины платы за выбросы загрязняющих веществ и представляют их с соответствующими основаниями на утверждение в местные органы самоуправления.

Платежи за выбросы загрязняющих веществ направляются в местные фонды охраны природы, создаваемые в составе внебюджетных средств органов местного самоуправления на уровне краев, областей, наиболее крупных городов с целью накопления и эффективного использования средств на финансирование природоохранных и оздоровительных мероприятий,

Платежи за утвержденные лимиты выбросов перечисляются предприятиями ежеквартально (на основе договоров, заключаемых между предприятиями и местными республиканскими, краевыми, областными) в соответствующие местные фонды охраны природы не позднее 20-го числа первого месяца квартала, следующего за отчетным, в размере 25 % плановой годовой суммы платежей, установленной предприятиям. В случае несвоевременного перечисления средств рекомендуется устанавливать пени в процентном отношении от суммы платежа за каждый просроченный день. Платежи за превышение лимитов выбросов перечисляются в местные фонды охраны природы в течение 10 дней после установления факта превышения нормативов загрязнения природоохранными органами.

В отдельных случаях по ходатайству предприятий и представлению органов Минэкологии местные органы управления могут предоставлять отсрочку в перечислении платежей за загрязнение природной среды. Уведомление о предоставлении предприятию отсрочки направляется соответствующему учреждению банка.

Этим же постановлением установлены базовые ставки платежей. Плату за загрязнение среды определяют по всем веществам обычно за квартал, а затем суммируют за год. Ставки платы за загрязнение даны в табл. 26,27,28. Расчет ведется по следующим базовым нормативам:

r_1 – 1-й базовый норматив платы за загрязнения в пределах нормативов, когда концентрации загрязняющих веществ не превышает ПДК, а массовые расходы выбросов и стоковые не превышают ПДВ, ПДС (предельно допустимых стоков);

r_2 – 2-й базовый норматив платы за загрязнения в пределах лимитов, временно согласованных выбросов, стоков;

r_3 – норматив платы за загрязнения сверх лимитов, который превышает 2-й базовый норматив в 5 раз.

Ставки платы за загрязнение биосферы даны в таблицах.

Базовые платежи для некоторых видов загрязнений

Загрязнитель	Ставки платежей, руб./т	
	Первый базовый норматив, p_1^i	Второй базовый норматив, p_2^i
Взвешенные твердые нетоксичные вещества	13,7	68,5
Зола	103	515
NO ₂	52	260
NO	35	175
SO ₂	40	200
Свинец	2755	13775
Сажа	41,0	205

Ставки базовых нормативных платежей за стоки некоторых вредных веществ в водоемы

Загрязнитель	Ставки платежей, руб./т	
	Первый базовый норматив, p_1^i	Второй базовый норматив, p_2^i
Азот аммонийный	689	3445
Азот нитратный	31	155
Азот нитритный	13775	68875
Биологическая потребность воды в кислороде (БПК полн.)	91	455
Взвешенные вещества (сверх фона)	366	1830
Нефтепродукты	5510	27550
Фосфор	1378	6890

Ставки нормативных платежей за размещение твердых отходов

Загрязнитель	Ставки платежей, руб./т
Нетоксичные промышленные отходы (гравий)	0,4
Токсичные отходы чрезвычайно опасные (1 класса)	1739,2
Высокоопасные (2-го класса)	745,4
Умеренно опасные (3-го класса)	497
Малоопасные (4-го класса)	248,4
Практически неопасные отходы (5-го класса): добывающей промышленности перерабатывающей промышленности	0,4 руб./т 15 руб./м ³

Расчет платежей выполняется по формуле

$$P = k_{\text{э}} \cdot \sum_{i=1}^m [p_1^i \cdot \min\{M_{\text{факт}}^i; M_{\text{ПДВ}}^i\} + p_2^i \cdot (\min\{M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i; \max\{0; M_{\text{ВСВ}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i\}) + p_3^i \cdot \max\{0; M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ВСВ}}^i\}] \quad (1)$$

$$\text{или } \Pi_i = \Pi_i \cdot K_{\text{э}} \cdot M_{i\Sigma},$$

где m – количество выбрасываемых субстанций;
 $K_{\text{э}}$ – коэффициент экологической ситуации;
 Π – базовая цена выброса 1 т/руб., м³/руб.;
 $M_{i\Sigma}$ – количество выбрасываемых субстанций.

$$\min(a; b) = \begin{cases} a, \text{ если } \dots a < b, \\ b, \text{ если } \dots b < a \end{cases}$$

$$\max(a; b) = \begin{cases} a, \text{ если } \dots a > b, \\ b, \text{ если } \dots b > a. \end{cases}$$

Для практических расчетов платежи удобнее разделить на три части:

$$P = P_{\text{н}} + P_{\text{л}} + P_{\text{сл}},$$

где $P_{\text{н}}$ – сумма платежа за выбросы в пределах норматива

$$P_{\text{н}} = k_{\text{э}} \cdot \sum_{i=1}^m p_1^i \cdot M_{\text{н}}^i; \quad (2)$$

$$M_{\text{н}}^i = \begin{cases} M_{\text{факт}}^i, \text{ если } \dots M_{\text{факт}}^i < M_{\text{ПДВ}}^i, \\ M_{\text{ПДВ}}^i, \text{ если } \dots M_{\text{факт}}^i \geq M_{\text{ПДВ}}^i, \end{cases}$$

где $P_{\text{л}}$ – сумма платежа за выбросы в пределах лимита, но превышающие норматив:

$$P_{\text{л}} = k_{\text{э}} \cdot \sum_{i=1}^m p_2^i \cdot M_{\text{л}}^i; \quad (3)$$

$$M_{\text{л}}^i = \begin{cases} 0, \text{ если } \dots M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ПДВ}}^i, \\ M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i, \text{ если } \dots M_{\text{ПДВ}}^i < M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ВСВ}}^i, \\ M_{\text{ВСВ}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i, \text{ если } \dots M_{\text{факт}}^i > M_{\text{ВСВ}}^i. \end{cases}$$

$P_{\text{сл}}$ – сумма платежа за сверх лимитные выбросы:

$$P_{\text{сл}} = k_{\text{э}} \cdot \sum_{i=1}^m p_3^i \cdot M_{\text{сл}}^i, \quad (4)$$

$$M_{\text{сл}}^i = \begin{cases} 0, \text{ если } \dots M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ВСВ}}^i, \\ M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ВСВ}}^i, \text{ если } \dots M_{\text{факт}}^i > M_{\text{ВСВ}}^i \end{cases}$$

$$\text{или } \Pi_i = \Pi_i \cdot K_{\text{э}} \cdot M_{\text{ПДВ}}^i + 5 \cdot \Pi_i \cdot K_{\text{э}} \cdot (M_i - M_{\text{ПДВ}}^i).$$

Отметим, что коэффициент экологической ситуации ($K_{\text{э}}$) установлен для каждого региона. Для Центрального экономического района он равен для выбросов в атмосферу 1,9, стоков в водоемы – 1,17 (для Ивановской, Костромской, Владимирской, Орловской, Рязанской областей), почв – 1,6 (учитывается при размещении отходов), Северо-Западного экономического района – 1,5; 1,35; 1,3; Центрально-Черноземного экономического района – 1,5;

1,4; 2,0; Уральского экономического района – 2,0; 1,18; 1,17; Поволжского экономического района – 1,4; 1,9; 1,1 и т.д.

Расчет суммы платежей за стоки производится аналогично, только вместо $M_{ПДВ}$ и $M_{ВСВ}$ используются $M_{ПДС}$ и $M_{ВСС}$ – массы нормативных и временно согласованных стоков, т/год, а также $K_Э$ – для стоков.

Плата за размещение твердых отходов производится по двухставочному тарифу с использованием ставки p_2 за согласованное размещение (табл. 28) и p_3 – за несогласованное, несанкционированное размещение отходов, то есть в 5-кратном размере.

Вопросы и задания:

Пример расчета 1. Рассчитать сумму платежей за выбросы в атмосферу котельной при $K_Э = 1,9$. Массы выбросов приведены в табл.

Фактические, нормативные и временно-согласованные выбросы и величины M_H^i , $M_{СЛ}^i$, M_L^i , т/ГОД

Загрязнитель	$M_{факт}$	$M_{ПДВ}$	$M_{ВСВ}$	M_H	M_L	$M_{СЛ}$
SO ₂	300	200	250	200	50	50
NO ₂	5	6	6	5	0	0
Зола	50	40	50	40	10	0

Примечание. $M_{факт}$ – получены в результате замеров; $M_{ПДВ}$, $M_{ВСВ}$ – рассчитаны и заданы контролирующими органами; M_H , M_L , $M_{СЛ}$ — рассчитаны по $M_{факт}$, $M_{ПДВ}$, $M_{ВСВ}$ по формулам (2), (3), (4).

Решение. Сумма платежа в пределах норматива по формуле (2) с учетом табл. 26.

$$P_H = 1,9 \cdot [40 \cdot 200 + 52 \cdot 5 + 103 \cdot 40] = 23522 \text{ руб.}$$

Сумма платежа в пределах лимита (по второму базовому нормативу) для SO₂ и золы, так как NO₂ не превышает норматив $M_{ПДВ}$ (3).

$$P_L = 1,9 \cdot [200 \cdot (250 - 200) + 515 \cdot (50 - 40)] = 28785 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за сверхлимитные выбросы (рассчитывается только для SO₂, так как $M_{факт} > M_{ВСВ}$ (4).

$$P_{СЛ} = 1,9 \cdot 5 \cdot 200 \cdot (300 - 250) = 95000 \text{ руб.}$$

Пример расчета 2. Рассчитать сумму платежей за стоки в водоем и за размещение отходов при $K_Э = 1,16$ (для стоков), $K_Э = 1,6$ (для почв). Массы веществ в стоках и размещаемых отходах в таблицах.

Фактическое, нормативное и временно-согласованные стоки, а также величины M_H , $M_{СЛ}$, M_L , т/ГОД

Загрязнитель	$M_{факт}$	$M_{ПДС}$	$M_{ВСС}$	M_H	M_L	$M_{СЛ}$
Азот нитритный	1,3	0,2	0,7	0,2	0,5	0,6
Взвешенные вещества	5	4	6	4	1	0
Нефтепродукты	10	11	11	10	0	0

**Фактические и согласованные (M_C) массы размещаемых отходов,
а также $M_{Сл}$ и M_L , т/год**

Загрязнитель	$M_{факт}$	M_C	M_L	$M_{Сл}$
Коммунально-бытовые отходы, м ³	200	150	150	50
Токсичные отходы 3-го класса, т/год	3	3	3	0
Токсичные отходы 4-го класса, т/год	2	3	2	0

Решение. Массы M_H , $M_{Сл}$, M_L уже рассчитаны и приведены в табл. 31.

Сумма платежа за нормативные стоки (2) с учетом табл. 27:

$$P_H = 1,17 \cdot [13775 \cdot 0,2 + 366 \cdot 4 + 5510 \cdot 10] = 69403,23 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за временно-согласованные стоки (3):

$$P_L = 1,17 \cdot [68875 \cdot 0,5 + 1830 \cdot 1] = 42432,98 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за сверхлимитные стоки (4)

$$P_{Сл} = 1,17 \cdot (5 \cdot 68875 \cdot 0,6) = 241751,25 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за размещение согласованной (лимитированной) массы отходов с учетом табл. 29:

$$P_L = 1,6 \cdot [15 \cdot 150 + 497 \cdot 3 + 248,4 \cdot 2] = 6780,48 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за несогласованное размещение (в данном случае только коммунально-бытовых) отходов:

$$P_{Сл} = 1,6 \cdot (5 \cdot 15 \cdot 50) = 6000 \text{ руб.}$$

Базовый уровень

- Согласно договору на комплексное природопользование предприятие Ивановской области должно перечислять плату за выбросы в атмосферу NO_2 ежеквартально. Установлено: предельно-допустимый выброс – 12 т/квартал, лимит выбросов – 15 т/квартал. Предприятием были произведены выбросы 15, 12, 20 и 13 т поквартально. В конце года предприятие перечислило за загрязнение атмосферы 5928 руб. Какие допущены нарушения? Какова должна быть сумма платежа?

- Предприятие, располагающееся в Центральном экономическом районе, производит выбросы в атмосферу SO_2 . Нормативная масса выбросов — 55 т/год. Лимит выбросов 79 т/год. Фактические выбросы составляют 95 т/год. Какова сумма платежа за 2003 г., перечисляемая предприятием в госбюджет?

- Предприятие Ярославской области производит выбросы вредных веществ в атмосферу, перечисленных в приведенной ниже таблице.

Вещество	Фактические выбросы, т/год	Нормативная масса выбросов, т/год	Лимит выбросов, т/год

Зола	105	80	110
Свинец	55	20	35
V ₂ O ₅	100	40	60

Какова должна быть сумма платежа в 2003 г., перечисляемая предприятием за загрязнение окружающей среды ?

- Предприятие Костромской области производит выбросы в атмосферу NO. Предельно-допустимая масса выброса – 40 т/год. Лимит выбросов составляет 60 т/год. Фактические выбросы составляют 90 т/год. Какова сумма платежа, перечисляемая предприятием в виде налога в госбюджет ?

- Предприятие г. Иванова производит выбросы свинца в атмосферу. Контролирующим органом установлено: нормативная масса выбросов – 35 т/год, лимит выбросов – 45 т/год. Фактические выбросы составляют 45 т/год. Какова сумма платежа, перечисляемая предприятием в госбюджет в виде налога за негативное воздействие ?

- Предприятие Костромской области производит сброс в водоем аммонийного азота. ПДС составляет 40 т/год. В силу определенных причин для предприятия на 2003 г. была установлена ВСС – 45 т/год. Фактические выбросы равнялись 65 т. Какова перечисляемая предприятием сумма платежа в госбюджет в виде налога за негативное воздействие ?

- **Предприятие г Шуи в 2003 г. произвело выбросы в атмосферу SO₂ и NO₂ в количествах, приведенных в нижеследующей таблице.**

Вещество	Фактические выбросы, т/год	Нормативная масса выбросов, т/год	Лимит выбросов, т/год
SO ₂	97	65	77
NO ₂	106	57	68

Какова сумма платежа за негативное воздействие на природу ?

Повышенный уровень

- Предприятие коммунального хозяйства г. Кинешмы производит вывоз на мусорную свалку твердых коммунально-бытовых отходов. С контролирующими органами согласовано размещение 1009 м³/год отходов. Фактически за 2003 г. было вывезено 1260 т отходов. Какова сумма платежа за негативное воздействие ?

- Рассчитать размер платы за загрязнение атмосферного воздуха в 2005 г. автотранспортом автохозяйства № 1, расположенного в г. Иванове. Предприятие имеет в своем составе 50 единиц автотранспорта:

- из них 20 КАМАЗов, работающих на дизельном топливе (из них 8 ед. оборудованы нейтрализаторами, а 25 % не соответствуют требованиям стандартов);
- 15 единиц грузовых автомобилей класса 4,5 т грузоподъемности (из них 5 оборудованы нейтрализаторами, остальные не соответствуют требованиям стандартов);
- 2 автобуса с карбюраторными двигателями, работающими на бензине, но не снабжены нейтрализаторами и не соответствуют экологическим требованиям по выбросу вредных веществ;
- 5 легковых автомобилей, которые соответствуют экологическим стандартам.

Ежедневный пробег одного КАМАЗа равен 450 – 500 км.

Пробег грузового автомобиля, работающего на бензине, равен 350 – 400 км.

Автобус за смену проезжает 150 – 200 км, легковой автомобиль — 120 – 150 км. Количество рабочих дней в неделю – 5, в месяц – 20 дней.

Для автотранспорта предлагается считать загрязнение по израсходованному топливу, причем базовая цена (норматив платы за загрязнение) при сгорании 1 т этилированного бензина – 2,2 руб., неэтилированного – 1,3 руб., дизельного топлива – 2,5 руб., газового – 1,2 руб. (количество неэтилированного бензина составляет 20 % от общего количества используемого топлива).

Определить платежи по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу (отдельно по выбросам и общие).

ПДВ для транспортных средств устанавливаются ГОСТами и ОСТАми как в виде величин выбросов для данного стандартного испытания так и в виде пробеговых выбросов на километр пути (15 г/км).

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Перечень основной литературы:

1. Гальблауб, О. А. Промышленная экология : учебное пособие /О.А. Гальблауб, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд ; Министерство образования и науки России ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 120 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 117. - ISBN 978-5-7882-2322-3
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология Электронный ресурс :учебное пособие / Т.Е. Гридэл / Б.Р. Алленби ; ред. Э.В. Гирусов ; пер. Э.В. Гирусов. - Промышленная экология, - Москва : ЮНИТИ ДАНА, 2017. - 526 с. - ISBN 5-238-00620-9

Перечень дополнительной литературы:

- 1 Старостина, И.В. Промышленная экология Электронный ресурс : учебное пособие / С.В. Свергузова / Л.М. Смоленская / И.В. Старостина. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 288 с
- 2 Мясоедова, Т. Н. Промышленная экология Электронный ресурс : Учебное пособие / Т. Н. Мясоедова. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета,

2017. - 89 с. - ISBN 978-5-9275-2720-5