



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и экология»

Н. В. Широглазова, Н. М. Кидун

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-36 04 02 «Промышленная
электроника», 1-36 12 01 «Проектирование
и производство сельскохозяйственной техники»
дневной и заочной форм обучения,
специальностей 1-40 01 02 «Информационные
системы и технологии (по направлениям)»,
1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»
дневной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2013

УДК 502(075.8)
ББК 20.1я73
Ш64

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 9 от 29.05.2012 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого
Т. В. Алферова

Широглазова, Н. В.
Ш64 Основы экологии : практикум по одноим. курсу для студентов специальностей 1-36 04 02 «Промышленная электроника», 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» днев. и заоч. форм обучения, специальностей 1-40 01 02 «Информационные системы и технологии (по направлениям)», 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» днев. формы обучения / Н. В. Широглазова, Н. М. Кидун. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 30 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-136-9.

Включены методики расчета концентрации загрязняющих веществ, оценки ущербов от разрушений атмосферы, гидросферы и литосферы, определения экологической эффективности водоохраных мероприятий.

Для студентов технических специальностей.

УДК 502(075.8)
ББК 20.1я73

ISBN 978-985-535-136-9

© Широглазова Н. В., Кидун Н. М., 2013
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2013

Практическая работа № 1
РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ МАКСИМАЛЬНОЙ
КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
В ПРИЗЕМНЫХ СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ
ДЛЯ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА

Цель работы: научиться рассчитывать величину максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы при выбросе нагретой и холодной газоздушных смесей из одиночного точечного источника и расстояние, на котором она достигается при неблагоприятных метеорологических условиях.

Исходные данные взять из табл. П.1.1. Варианты задания выбираются в соответствии с учебным шифром, который указывает преподаватель.

Общие сведения

Совершенствование технологических процессов, применение высокоэффективных систем газоочистки позволяют в значительной мере уменьшить размеры промышленных выбросов в атмосферу. В то же время полностью уловить пыле- и газообразные примеси в отходящих газах практически невозможно, и выделение в атмосферу некоторой части вредных веществ пока еще неизбежно. Для того чтобы концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферы не превышала предельно допустимую максимальную разовую концентрацию, пылегазовые выбросы подвергаются рассеиванию в атмосфере через высотные трубы.

На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают влияние: состояние атмосферы; расположение предприятий; характер местности; физические и химические свойства выбрасываемых веществ; высота источника выбросов; диаметр устья источника и др.

Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью ветра, а вертикальное – распределением температур в вертикальном направлении.

Основным критерием оценки природной среды по чистоте является предельно-допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ.

ПДК представляет собой количество загрязнителя в почве, воздушной или водной среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

Порядок выполнения работы

1. Максимальная приземная концентрация вредных веществ от одиночного (точечного) источника для выброса нагретой газовой смеси при неблагоприятных метеоусловиях определяется по формуле (1.1), а для выброса холодной газовой смеси C_m находится по формуле (1.2):

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3; \quad (1.1)$$

$$C_m = \frac{A \cdot N \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot \frac{D}{8V_1}, \text{ мг/м}^3, \quad (1.2)$$

где M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени; A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания атмосферных примесей; m, n – безмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси от устья источника выброса; H – высота источника над уровнем земли; ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего воздуха T_B ($^{\circ}\text{C}$); F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания веществ; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей; V_1 – объем газовой смеси.

При выбросах из источника с круглым устьем объем газовой смеси находится по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \omega_0}{4}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.3)$$

где D – диаметр устья источника выброса; ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси на устье источника выброса (м/с).

При выбросах из источника с прямоугольным устьем объем газовой смеси и диаметр устья находятся по формулам:

$$D = \frac{2Lb}{L+b}, \text{ м}; \quad (1.4)$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot L^2 \cdot b^2 \cdot \omega_0}{(L+b)^2}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.5)$$

где L, b – длина и ширина устья соответственно.

**Климатический коэффициент A , зависящий
от температурной стратификации атмосферы**

Рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, т. е. при условиях, отвечающих максимуму концентраций, определяются климатической зоной и приведены ниже: для субтропической зоны Средней Азии $A = 240$; для территорий Нижнего Поволжья, Кавказа, Сибири, Дальнего востока $A = 200$; для территорий Среднего Поволжья, Урала, Украины $A = 160$; для Беларуси $A = 120$.

**Коэффициент F , учитывающий скорость оседания
вредных веществ в атмосфере**

Интенсивность оседания вредных веществ зависит: от скорости оседания частиц; турбулентности; скорости ветра; размеров частиц и т. д. (табл. 1.1)

Таблица 1.1

Значение безразмерного коэффициента F

Выбросы	F
Газы, мелкодисперсные аэрозоли (пыли, зола и т. п.), скорость упорядоченного оседания которых практически равна 0	1
Крупнодисперсная пыль и зола: – не менее 90 %;	2
– 75–90 %;	2,5
– менее 75 %;	3
– отсутствие очистки	3

**Коэффициенты m и n , учитывающие условия выхода
газовоздушной смеси из устья источника выброса**

Значение коэффициента m определяется в зависимости от параметра f по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad (1.6)$$

где

$$f = 10^3 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (1.7)$$

Значение коэффициента n определяется по формуле в зависимости от параметра V_m :

– если $V_m < 0,3$, $n = 3$; (1.8)

– если $0,3 \leq V_m \leq 2$, $n = 2$; (1.9)

– если $V_m > 2$, $n = 1$. (1.10)

2. Расстояние X_M от источника, на котором достигается максимальная концентрация C_M определяется по формулам:

$$X_M = d \cdot H, \text{ м}; \quad (1.11)$$

в случае, когда $F \geq 2$:

$$X_M = \frac{(5-F)d \cdot H}{4}, \text{ м}. \quad (1.12)$$

Для выброса нагретой газовой смеси безразмерный коэффициент d определяется по формулам:

– при $V_m \leq 2$ $d = 4,95 \cdot V_m (1 + 0,28\sqrt[3]{f})$; (1.13)

– при $V_m > 2$ $d = 7 \cdot V_m (1 + 0,28\sqrt[3]{f})$. (1.14)

Для выброса холодной газовой смеси безразмерный коэффициент d определяется:

– при $V_m \leq 2$ $d = 11,4 \cdot V_m$; (1.15)

– при $V_m > 2$ $d = 16,1 \cdot \sqrt{V_m}$. (1.16)

Практическая работа № 2

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО, СОЦИАЛЬНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБОВ ОТ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРЫ

Цель работы: научиться оценивать экономический, социальный и экологический ущербы от загрязнений атмосферы, водоемов и почвы выбросами предприятий, транспортом и в результате трансграничных переносов.

Порядок выполнения работы

1. Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы

Рассматривается загрязнение воздуха в результате выброса в атмосферу химических веществ, опасных для жизни и здоровья населения, а также для других реципиентов.

Исходные данные взять из табл. П.1.2. Варианты задания выбираются в соответствии с учебным шифром, который указывает преподаватель.

Экономический ущерб определяется по формуле

$$Y_{\text{атм}} = Y_{\text{уд}} \cdot M \cdot G_{\text{заз}} \cdot f, \quad (2.1)$$

где $Y_{\text{уд}}$ – удельный ущерб от выброса в атмосферу одной условной тонны загрязняющих веществ, равной 1000 р./у. т (на практике определяется научными учреждениями Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Министерством финансов). Реальная величина удельного ущерба периодически уточняется; M – приведенная масса годового выброса, в условных тоннах; $G_{\text{заз}}$ – показатель относительной опасности загрязнения для различных реципиентов в зоне активного загрязнения; f – поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере.

Расчет приведенной массы годового выброса

Приведенная масса годового выброса примесей рассчитывается по формуле:

$$M = \sum A_i \cdot m_i = A_1 \cdot m_1 + A_2 \cdot m_2 + \dots, \text{ у. т.}, \quad (2.2)$$

где m_i – количество поступающего в атмосферу вещества i -го типа (из табл. П.1.2); A_i – показатель относительной агрессивности i -вещества, характеризующий количество оксида углерода, эквивалентное по воздействию на окружающую среду одной тонне этого вещества, в у. т/т.

Показатель относительной агрессивности A_i определяется для каждого вида примеси для конкретного рассчитывается по исходным данным табл. П.1.2 и П.1.3 по формуле (например, для сажи и оксида углерода).

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i \cdot \beta_i, \text{ у. т/т.}, \quad (2.3)$$

где a_i – характеризует относительную опасность присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком (в табл. П.1.3 величины a_i задают уровень опасности для человека вещества i -го типа по отношению

к уровню опасности оксида углерода); α_i – поправка, учитывающая вероятность накопления примесей в окружающей среде; δ_i – поправка, учитывающая вредное воздействие примеси на основных реципиентов, кроме человека; λ_i – поправка на вероятность вторичного выброса примесей в атмосферу после их оседания на поверхностях (для пылей); β_i – поправка на вероятность образования примесей более опасных, чем исходные (для легких углеводородов).

2. Расчет показателя относительной опасности в зоне активного загрязнения для различных реципиентов

Расчет показателя относительной опасности $G_{\text{заз}}$ для данных реципиентов (лес, дома отдыха, городской поселок и др.) рассчитывается по формуле

$$G_{\text{заз}} = \Sigma(S_j/S_{\text{заз}}) \cdot G_j = (S_1/S_{\text{заз}}) \cdot G_1 + (S_2/S_{\text{заз}}) \cdot G_2 + \dots, \quad (2.4)$$

где S_j – площадь зоны реципиента, попавшего в зону активного загрязнения в табл. П.1.2 (9 столбец); $S_{\text{заз}}$ – площадь зоны активного загрязнения от источника загрязнения (она или рассчитывается или задана в табл. П.1.2); G_j – показатель относительной опасности загрязнения воздуха j -го реципиента (табл. П.1.4) по данным типа территории из табл. П.1.2.

3. Расчет площади зоны активного загрязнения

Выделяют три типа источников:

- организованные (трубы);
- низкие неорганизованные (склады, вентиляторы, окна промышленных зданий, свалки и т. п.);
- высокие неорганизованные (терриконы и др.).

Форма и площадь зоны активного загрязнения (ЗАЗ) определяется с учетом специфических особенностей источника и высоты выброса.

Распространение вредных веществ в окружающей среде зависит от типа и высоты источника загрязнения.

Высота выброса загрязняющих компонентов организованным источником зависит от размеров трубы и подъема факела выброса под влиянием разности температур Δt в устье источника и в окружающей среде на уровне устья.

Для учета подъема факела используется поправка:

$$\varphi = \Delta t / 75 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.5)$$

Зоной активного загрязнения является:

а) круг с центром в источнике и радиусом $r = 50h$ для труб высотой $h < 10$ м;

б) кольцо с внутренним радиусом $r_{\text{внутр}} = 2\varphi h$ и внешним радиусом $r_{\text{внеш}} = 20\varphi h$ для организованных источников $h \geq 10$ м;

в) для низких неорганизованных источников – территория, ограниченная кривой, расстояние от любой точки которой до ближайшей точки границы источника равняется $20h$. Зона активного загрязнения вдоль автомобильных дорог – полоса 200 м относительно центра дороги.

Площадь зоны активного загрязнения равна:

– для случая (а)

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi(50h)^2, \text{ км}^2; \quad (2.6)$$

– для (б)

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi(20\varphi h - 2\varphi h)^2 = \pi(18\varphi h)^2, \text{ км}^2. \quad (2.7)$$

Величины S_j заданы в условии задачи (табл. П.1.2), а величины G_j находят по табл. П.1.4 по типу территории, которые задаются в табл. П.1.2. Подставляют данные в формулу (2.4).

4. Расчет величины поправки на характер рассеивания примеси

1. При значении коэффициента очистки (из табл. П.1.2) $\eta \geq 90$ %; U [м/с] – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера (3 м/с – для Республики Беларусь) величина поправки на характер рассеивания примеси f вычисляют по формуле

$$f = f_1 = (100/(100 + \varphi h)) \cdot (4/(1 + U)). \quad (2.8)$$

2. При значении коэффициента очистки $70\% \leq \eta < 90\%$ величина поправки на характер рассеивания примеси f вычисляют по формуле

$$f = f_2 = (1000/(60 + \varphi h))^{0.5} \cdot 4/(1 + U). \quad (2.9)$$

3. При значении коэффициента очистки $\eta < 70$ %, в том числе и для источников, не имеющих устройств очистки, величина поправки на характер рассеивания примеси f принимается

$$f = f_3 = 10. \quad (2.10)$$

Подставляя полученные данные в формулу (2.1), находят экономический ущерб.

Оценка социального и экологического ущербов от загрязнения атмосферы

Оценка социального и экологического ущербов учитывает степень агрессивности химических веществ при воздействии их на здоровье человека и окружающую среду. Более полную оценку воздействия на здоровье человека и окружающую среду химических загрязнений можно сделать по табл. П.1.5.

Вероятность заболевания человека и его преждевременной смерти или инвалидности зависит от типов воздействующих веществ, их количества в атмосфере, продолжительности воздействия, от состояния здоровья человека, наличия хронических заболеваний, генетической наследственности и др. По табл. П.1.5 можно сделать только общую оценку степени опасности загрязнения химическими веществами.

Необходимо выписать из табл. П.1.5:

1) эффекты воздействия на здоровье человека от каждого загрязнителя;

2) эффекты воздействия на окружающую среду от каждого загрязнителя;

3) наиболее вероятные заболевания, спровоцированные воздействием каждого загрязнителя.

В табл. П.1.5 в столбцах 1–7 представлены эффекты воздействия на здоровье человека:

1 – канцерогенность;

2 – наследственная генетическая и хромосомная мутация;

3 – эмбриональная токсичность;

4 – воздействие на репродуктивные органы;

5 – острая токсичность;

6 – хроническая токсичность;

7 – нейротоксичность.

В столбцах 8–10 табл. П.1.5 представлены эффекты воздействия на окружающую среду:

8 – токсичность для окружающей среды;

9 – бионакопление;

10 – устойчивость в окружающей среде.

В разделе «Наиболее вероятные заболевания человека» представлены только наиболее распространенные заболевания.

Результаты запишите в таблицу:

Вид примеси	Социальный ущерб	Экологический ущерб	Вероятные заболевания

Практическая работа № 3
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО, СОЦИАЛЬНОГО
И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБОВ
ОТ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ
ГИДРОСФЕРЫ И ЛИТОСФЕРЫ

Цель работы: научиться оценивать экономический, социальный и экологический ущербы от загрязнения водоемов и почвы выбросами предприятий, транспортом в результате трансграничных переносов.

Исходные данные взять из табл. П.1.6. Варианты задания выбираются в соответствии с учебным шифром, который указывает преподаватель (номер варианта остается прежним).

Порядок выполнения работы

1. Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения водоемов

Промышленное и сельскохозяйственное загрязнение водного бассейна является результатом сброса в водоемы сточных вод, содержащих вредные вещества и в результате смыва в водоемы загрязненной почвы. Ущерб от такого загрязнения рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{вод}} = Y_{\text{уд}} \cdot \sigma_K \cdot M, \text{ р.}, \quad (3.1)$$

где $Y_{\text{уд}}$ – удельный ущерб, причиненный народному хозяйству сбросом в водоем одной условной тонны загрязняющих веществ, которая условно принята 4000 р./у. т; σ_K – показатель относительной опасности загрязнения водоемов (табл. П.1.6.); M – приведенная масса загрязняющих веществ в годовом объеме сточных вод, которая может быть определена, в условных тоннах, по формуле

$$M = \sum A_i m_i = A_1 \cdot m_1 + A_2 \cdot m_2 + A_3 \cdot m_3 + \dots, \text{ у. т.}, \quad (3.2)$$

где A_i – относительная агрессивность вод загрязняющих веществ i -го вида; m_i – масса примесей i -го вида, поступивших в водоем (в тоннах):

$$A_i = 1/\text{ПДК}_{\text{вр}i}. \quad (3.3)$$

Значения $\text{ПДК}_{\text{вр}}$ находят в справочниках для рыбохозяйственных объектов (табл. П.1.7)

2. Укрупненная оценка социального (воздействие на здоровье людей) и экологического ущербов от загрязнения водоемов

Химические загрязнения водоемов больше влияют на экологическое равновесие среды, а на здоровье человека их воздействие зависит от степени очистки питьевой воды. Если вода для питья не подвергается полной очистке от химических загрязнений, то их воздействие необходимо учитывать, руководствуясь табл. П.1.5.

Произвести оценку социального и экологического ущербов аналогично п. 2 практической работы № 2 для Ваших данных по водоемам.

Результаты запишите в таблицу:

Вид примеси	Социальный ущерб	Экологический ущерб	Вероятные заболевания

3. Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения поверхности земли твердыми отходами

Исходные данные для оценки экономического загрязнения твердыми отходами находятся в табл. П.1.8.

Рассматривается только экономический ущерб от загрязнения органическими и неорганическими отходами и отчуждения земельных ресурсов с применением формулы

$$Y_{\text{отх}} = Y_{\text{уд}} \cdot q \cdot M, \text{ р.}, \quad (3.4)$$

где $Y_{\text{уд}}$ – удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву (условно 2000 р. за тонну за выбросы неорганических отходов; 3000 р. за тонну за выбросы органических отходов); q – показатель, характеризующий относительную ценность земельных участков ($q = 0,5$ – для суглинистых почв, $q = 0,7$ – для лесостепи, $q = 1$ – для черноземных почв, $q = 2$ – для орошаемых сельскохозяйственных угодий); M – масса годового выброса загрязняющих отходов в почву, т/год.

Практическая работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Цель работы: научиться рассчитывать экономическую эффективность водоохранных мероприятий и срок их окупаемости.

Исходные данные взять из табл. П.1.11. Варианты задания выбираются в соответствии с учебным шифром, который указывает преподаватель (номер варианта остается прежним).

Общие сведения

Сточными водами называют воды, используемые промышленными или коммунальными предприятиями, населением и подлежащие очистке от различных примесей. В зависимости от условий образования сточные воды подразделяют на:

- 1) бытовые (БСВ);
- 2) атмосферные (АСВ);
- 3) промышленные (ПСВ).

БСВ – это стоки душевых, бань, прачечных, столовых, туалетов.

АСВ – воды, образованные в результате выпадения атмосферных осадков.

ПСВ – жидкие отходы, которые возникают при добыче и переработке органического и неорганического сырья.

В технологических процессах источниками сточных вод являются:

- 1) воды, образующиеся в результате химических реакций;
- 2) воды, находящиеся в виде свободной и связанной влаги в сырье;
- 3) промывочные воды (после промывки сырья и т. д.);
- 4) промывные водные растворы;
- 5) водные экстракты и абсорбенты;
- 6) воды охлаждения;
- 7) другие сточные воды (вакуум-насосов, конденсаторов и т. д.).

Главный загрязнитель поверхностных вод – сточные воды, поэтому разработка и внедрение эффективных методов очистки сточных вод является актуальной и экологически важной задачей. Начальным этапом разработки и внедрения безводной и безотходной технологии производства является создание оборотного водоснабжения.

В систему оборотного водоснабжения включают ряд очистных сооружений и установок, которые позволяют создать замкнутый цикл использования производственных и бытовых сточных вод. При таком способе водоподготовки сточные воды все время находятся в обороте и попадание их в поверхностные водоемы полностью исключено.

Порядок выполнения работы

Для определения экономической эффективности необходимо рассчитать годовой экономический ущерб до и после проведения водоохраных мероприятий. Он может быть вычислен следующим методом.

Годовой объем сточных вод находим по формуле

$$Q_{\Gamma} = Q_{\text{C}} \cdot 365, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.1)$$

где Q_{C} – суточный объем сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$.

При постоянной величине концентрации i -й примеси, поступающей в водоем со сточной водой, общая масса годового сброса i -й примеси может быть приближенно определена:

$$m_i = d_i \cdot Q_{\Gamma} \cdot 10^{-6}, \text{ т/год}, \quad (4.2)$$

где i – номер сбрасываемой примеси; d_i – концентрация i -й примеси в сточной воде, $\text{г}/\text{м}^3$; 10^{-6} – коэффициент перевода в другие единицы измерения.

Масса годового сброса i -й примеси рассчитывается до проведения водоохраных мероприятий $m_i^{\text{Д}}$, а также после их проведения $m_i^{\text{П}}$.

Значение приведенной массы годового сброса примесей определяется по формуле

$$M = \sum_{i=1}^N A_i m_i, \text{ т/год}, \quad (4.3)$$

где N – общее число примесей; A_i – показатель относительной опасности сброса i -го вещества в водоем (у. т/т).

Значение величины A для некоторых распространенных загрязняющих веществ приведены в табл. П.1.9.

По описанной выше формуле (4.3) вычисляется приведенная масса годового сброса примесей до проведения водоохраных мероприятий M_1 и после их проведения M_2 .

Годовой экономический ущерб Y (у. е./год) от выбросов загрязняющих примесей в K -й водохозяйственный участок некоторым источником может быть определен по формуле

$$Y = \gamma \cdot \sigma_K \cdot M, \text{ у. е./год}, \quad (4.4)$$

где γ – константа, численное значение которой определяется временем, для которой рассчитывается эффект, принимаем $\gamma = 144$; σ_K –

константа, имеющая равное значение для различных водохозяйственных участков (безразмерная), значения определены в приложении (табл. П.1.1).

По приведенной выше зависимости вычисляется годовой экономический ущерб до проведения водоохраных мероприятий Y_1 и после их проведения Y_2 .

Предотвращенный годовой экономический ущерб:

$$\Pi = Y_1 - Y_2, \text{ у. е./год.} \quad (4.5)$$

Поскольку не учитывается косвенный экономический эффект от получения дополнительной продукции при улучшении производственных показателей, а также эффект от извлечения ценных веществ из сточных вод, экономический результат от проведения водоохраных мероприятий будет:

$$\text{Э} = \Pi, \text{ у. е./год.} \quad (4.6)$$

Эффективность внедрения данного водоохранного мероприятия оценивается по сроку окупаемости проекта:

$$T = \frac{K}{\text{Э}}, \text{ лет.} \quad (4.7)$$

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ МАССЫ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ТЕПЛОЭНЕРГОУСТАНОВКАМИ С ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ В АТМОСФЕРУ

Цель работы: познакомиться с методикой расчета выбросов твердых частиц при сжигании твердого и жидкого топлива. Рассчитать массовый выброс твердых частиц за год при сжигании топлива, заданного в варианте согласно порядковому номеру в журнале при условии наличия различных типов золоуловителей (табл. П.1.12).

Общие сведения

При сжигании твердого и жидкого топлива теплоэнергоустановками в атмосферу с дымовыми газами выбрасываются твердые частицы (летучая зола и несгоревшее топливо), которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Количество летучей золы, выбрасываемой в атмосферу энергетическими установками, зависит от топлива и от эффективности очистки газов в золоуловителях, устанавливаемых за котлами.

На выбор золоуловителей влияет ряд факторов: вид топлива и способ его сжигания, физико-химические свойства золы, возможность размещения газоочистного оборудования на ТЭС.

Для очистки дымовых газов от летучей золы применяют золоуловители различных типов:

- аппараты сухой инерционной очистки газов (жалюзийные золоуловители, циклоны, прямоточные циклоны, батарейные циклоны);
- аппараты мокрой очистки газов;
- электрофильтры.

В качестве *инерционных* (механических) золоуловителей наибольшее распространение получили циклоны, в которых осаждение твердых частиц происходит за счет центробежных сил при вращательном движении потока.

Порядок расчета содержания твердых частиц в дымовых газах теплоэнергоустановок

Расчет выбросов твердых частиц летучей золы и несгоревшего топлива) (т/год, г/с, ...), поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата в единицу времени при сжигании твердого топлива и мазута, выполняется по формуле

$$M_{\text{ТВ}} = 0,01 \cdot B \left(a_{\text{УН}} \cdot A^{\Gamma} + q_{\text{УН}} \frac{Q_{\text{Н}}^{\Gamma}}{32,680} \right) \cdot (1 - \eta_3) K_{\text{п}}, \quad (4.8)$$

где B – фактический расход топлива, т/ч (т/г); $a_{\text{УН}}$ – доля золы топлива в уносе; A^{Γ} – зольность топлива на рабочую массу, %; $q_{\text{УН}}$ – потеря тепла с уносом от механического недожога, %; $Q_{\text{Н}}^{\Gamma}$ – низшая теплота сгорания, МДж/кг; η_3 – доля твердых частиц, улавливаемая в золоуловителе котла; $K_{\text{п}}$ – коэффициент пересчета: при определении выбросов в г/с равен $0,278 \cdot 10^3$, в т/г равен 1.

Эффективность работы золоуловителя для батарейного золоуловителя 0,9, для мокрого – 0,95, для электрофильтра – 0,99.

Литература

1. Повышение экологической безопасности ТЭС : учеб. пособие для вузов / А. И. Абрамов [и др.]. – М. : Изд-во МЭИ, 2002. – 377 с. : ил.
2. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии : учеб. пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Минск : Выш. шк., 2001. – 343 с. : ил.
3. ГОСТ 17.2.02–78. Охрана природы. Атмосфера, правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
4. ГОСТ 12.1.005–76. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.
5. ГОСТ 12.1.016–79. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ.
6. ГОСТ 17.2.4.02–81. ОПА. Общие требования к методикам определения загрязняющих веществ в воздухе населенных мест.
7. Белов, С. В. Охрана окружающей среды : учеб. для техн. вузов / С. В. Белов. – М. : Высш. шк., 1991.
8. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л. : Гидрометеиздат, 1986.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1.1

Исходные данные для определения величины максимальной приземной концентрации C_m от одиночного источника с круглым (К) или прямоугольным (П) устьями для нагретых и холодных выбросов (практическая работа № 1)

Номер варианта	M (сум.), г/с	A	F	H, м	Тип устья	η	D, м	L, м	b, м	ω_0 , м/с	T_B , °C	T_r , °C	V_m , м/с	Тип выброса
1	1,5	240	1	50	К	1,6	0,4	–	–	1,2	12	20	0,2	Хол.
2	1	200	2	55	К	1,3	0,5	–	–	1,5	14	220	2,1	Нагр.
3	2	160	2,5	45	К	1,5	0,3	–	–	2,5	16	240	2,3	Нагр.
4	2,2	120	3	52	К	1,8	0,35	–	–	1,7	18	26	0,5	Хол.
5	1,2	240	1	54	К	1,4	0,32	–	–	1,6	15	28	0,6	Хол.
6	1,4	200	2	51	П	1,2	–	0,5	0,2	1,9	19	130	2,7	Нагр.
7	1,8	160	2,5	48	П	1	–	0,5	0,5	2	21	130	2,5	Нагр.
8	1,6	120	3	47	П	2	–	0,5	0,2	2,2	22	34	3	Хол.
9	2,4	240	1	46	П	1,1	–	0,4	0,2	2,4	13	250	4	Нагр.
10	2,1	200	2	56	П	1,4	–	0,4	0,2	2,1	17	270	2,5	Нагр.
11	1	160	2,5	50	К	1,1	0,4	–	–	1,2	14	25	0,2	Хол.
12	1,2	200	3	50	К	1,2	0,4	–	–	1,5	16	200	2,2	Нагр.
13	1,3	120	1	50	К	1,4	0,4	–	–	1,7	18	27	0,2	Хол.
14	1,6	240	2	50	К	1,6	0,4	–	–	1,9	15	200	2,2	Нагр.
15	0,9	240	2,5	50	К	1,8	0,4	–	–	1,9	19	29	0,1	Хол.
16	1,4	200	3	45	П	1,3	–	0,5	0,5	2	14	30	0,3	Хол.
17	1,2	240	1	45	П	1,5	–	0,5	0,3	2	15	31	0,5	Хол.
18	1,5	160	2	45	П	2	–	0,5	0,3	2,2	16	132	3	Нагр.

Окончание табл. П.1.1

Номер варианта	M (сум.), г/с	A	F	H , м	Тип устья	η	D , м	L , м	b , м	ω_0 , м/с	T_B , °C	T_G , °C	V_m , м/с	Тип выброса
19	1	120	2,5	45	П	1,6	–	0,4	0,4	2,2	18	133	4	Нагр.
20	1,9	160	3	45	П	1,4	–	0,4	0,4	2,4	19	134	2,5	Нагр.
21	1,1	180	1	50	К	1,2	0,38	–	–	1,2	15	35	0,7	Хол.
22	1,7	210	2	52	К	1,3	0,38	–	–	1,6	19	29	0,9	Хол.
23	1,3	140	2,5	45	К	1,7	0,36	–	–	1,5	16	27	1,5	Хол.
24	0,8	150	3	45	К	1,1	0,32	–	–	1,8	17	265	3,8	Нагр.
25	2,1	200	1	56	К	1,5	0,5	–	–	2,2	11	180	2,4	Нагр.

**Исходные данные для оценки экономического ущерба
от загрязнения атмосферы (практическая работа № 2)**

Но- мер вари- анта	Виды примесей	Масса примеси m_i /год	Высота трубы h , м	Разность темпе- ратур Δt , °С	Кэф- фициент очистки η , %	Пло- щадь $S_{\text{ЗАЗ}}$, км ²	Номер типа терри- тории	Площадь территории данного типа S_j , км ²
1	Оксид углерода Сажа	100	20	150	60		2	0,5
		50	20	150	60		5	остальная территория
2	Оксид углерода Диоксид серы	200	80	130	90		5	2,5
		120	80	130	90		4	остальная территория
3	Аммиак (в районе химического объекта)	40	–	–	–	1,5	5	1,5
4	Оксид углерода	180	25	75	92	–	2	0,2
							5	остальная территория
5	Бенз(а)пирен (автотранспорт)	0,1	–	–	–	0,2	1	0,08
							6	0,12
6	Оксид углерода Сажа	60	80	75	92		2	0,5
		20	80	75	92		5	остальная территория
7	Сероводород Оксид углерода	20	60	150	60		2	0,5
		40	60	150	60		4	остальная территория
8	Пыль асбеста	100	–	–	–	2,5	8	2,0
9	Оксид углерода Диоксид азота	100	70	200	70		5	12
		50	70	200	70		13	остальная территория
10	Бенз(а)пирен	0,03				0,6	10	0,2
							11	0,4
11	Формальдегид	20	9	–	–		8	0,2
							4	остальная территория
12	Диоксид серы Сажа	50	40	75	–		5	0,5
		50	40	75	–		4	остальная территория
13	Оксид углерода Формальдегид	50	70	200	60		5	2,0
		10	70	200	60		12	остальная территория
14	Бенз(а)пирен (автотранспорт)	0,05	–	–	–	0,1	11	0,09
							12	0,02

Окончание табл. П.1.2

Но- мер вари- анта	Виды примесей	Масса примеси m_i /год	Высота трубы h , м	Разность темпе- ратур Δt , °С	Кэф- фициент очистки η , %	Пло- щадь $S_{\text{ЗАЗ}}$, км ²	Номер типа терри- тории	Площадь территории данного типа S_j , км ²
15	Оксид углерода	80	60	150	92		4	1,5
	Сажа	30	60	150	93		5	6,0
	Диоксид серы	10	60	150	93		9	остальная территория
16	Твердые части- цы, выбрасыва- емые дизелями	40	–	–	–	3	9	2,0
	Оксид азота	20	–	–	–		11	1,0
17	Оксид углерода	50	40	150	50		4	2,0
	Сажа	30	40	150	50		5	остальная территория
18	Оксид углерода	100	50	225	75		4	2,0
	Диоксид серы	40	50	225	75		11	остальная территория
19	Оксид углерода	100	45	150	92		4	6,0
	Диоксид азота	40	45	150	95		5	остальная территория
20	Пыль асбеста	100	9	–	–		5	0,25
	Диоксид азота	10					11	остальная территория
21	Оксид углерода	90	50	150	80		5	2
	Сажа	20	50	150	80		4	остальная территория
22	Цианистый водород	0,08	–	–	–	20	4	10
							2	10
23	Ацетон	5				0,5	5	0,4
							6	0,1
24	Оксид углерода	100	30	150	60		2	0,5
	Сажа	50	30	150	60		5	остальная территория
25	Оксид углерода	200	80	130	90		5	2,5
	Диоксид серы	120	80	130	90		4	остальная территория

Таблица П.1.3

**Показатели, характеризующие относительную агрессивность
некоторых примесей в атмосферном воздухе**

№ п/п	Примесь	a_i , у. т/т	λ_i	α_i	β_i	δ_i
1	Оксид углерода	1	1	1	1	1
2	Ацетон	0,93	1	1	2	1
3	Аммиак	3,87	1	1	1	1,2

Окончание табл. П.1.3

№ п/п	Примесь	a_i , у. т/т	λ_i	α_i	β_i	δ_i
4	Пыль асбестная	14,1	1	2	1	1,2
5	Диоксид серы	11,0	1	1	1	1,5
6	Диоксид азота	11,9	1	1	1	1,5
7	Формальдегид	756	1	2	1	1,5
8	Сероводород	27,4	1	1	1	1,5
9	Сажа, пыль углерода	17,3	1	2	1	1,2
10	Хлор	44,7	1	1	1	2
11	Цианистый водород	141	1	1	1	2
12	Неорганические соединения ртути и свинца	4472	1	5	1	1
13	Бенз(а)пирен	$6,3 \times 10^5$	1	2	1	1

Таблица П.1.4

Значения показателей относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха

Номер типа территории	Тип загрязненной территории	G_j
1	Территории курортов, санаториев, заповедников, заказников	10
2	Территории пригородных зон отдыха, садовых и дачных участков	8
3	Территории населенных мест с известной плотностью населения n , чел./га	$0,1 \cdot n$
4	Центральная часть города с населением свыше 300 тысяч человек	8
5	Территория промышленных предприятий и узлов	4
6	Леса первой группы	0,2
7	Леса второй группы	0,1
8	Леса третьей группы	0,025
9	Пашни обычные	0,1
10	Пашни орошаемые	0,2
11	Сады обычные	0,5
12	Пастбища, сенокосы обычные	0,05
13	Сенокосы орошаемые	0,1

**Известные воздействия химических соединений
на здоровье человека и окружающую среду**

Название химического соединения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Наиболее вероятные заболевания человека
Оксид углерода			X		X	X		X			Гипертония, заболевания крови, параличи
Аммиак					X	X	X		X		Заболевания нервной системы, легких
Диоксид серы	X		X		X	X		X		X	Рак, заболевания органов дыхания, ЖКТ, почек, печени
Диоксид азота	X	X	X		X	X		X			Рак, сердечно-сосудистая система, генетические мутации
Бенз(а)пирен	X	X			X	X		X		X	Рак, наследственная и хромосомные мутации, ИБС
Формальдегид	X	X		X		X		X		X	Рак, пневмония, хромосомные мутации
Сажа	X		X			X		X		X	Рак, отравления
Сероводород	X	X	X		X	X		X	X	X	Рак, сердечно-сосудистая система, генные мутации
Асбест	X					X				X	Рак, фиброз легких
Хлор					X	X		X			Рак, заболевания органов дыхания
Цианистый водород					X	X		X			Очень токсичен
Ртуть	X			X		X	X	X		X	Рак, заболевания большинства органов
Свинец			X	X			X	X		X	Повреждение клеток головного мозга
Ацетон			X	X		X	X	X			Нарушение детородной функции
Нефтепродукты (в водоемах)								X		X	Блокирует поступление кислорода в воду
Хлориды (анион)	X		X	X	X	X	X		X		Рак и другие заболевания
Нитрат-ион	X	X			X	X		X	X		Рак, анемия
Нитрит-ион	X	X			X	X		X	X		Рак, анемия
Фенолы			X		X			X	X		Токсичны
Медь			X	X				X		X	Подавляет детородную функцию
Азот амонийный						X			X		Нарушение экологического равновесия в водоеме

Окончание табл. П.1.5

Название химического соединения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Наиболее вероятные заболевания человека
Мышьяк	X	X			X	X	X	X		X	Рак, уродства, анемия, заболевания сердечно-сосудистой и нервной систем
Цинк	X				X	X		X		X	Рак и другие заболевания
БПК								X			Вызывает гибель живых организмов
СПАВ	X	X			X	X		X		X	Рак, ИБС, дерматиты
Твердые частицы, выбрасываемые ДВС	X	X						X			Рак, наследственные и хромосомные мутации

Таблица П.1.6

Исходные данные для оценки экономического ущерба от загрязнения водоемов (практическая работа № 3)

Номер варианта	Тип загрязняющих веществ	Масса выброса m_i , тыс. т	Участок выброса	Показатель относительной загрязненности, σ_k
1	БПК) Нефтепродукты	1,22	Зап. Двина г.п. Сураж	1,2
		0,07		
2	Взвешенные вещества Хлориды	2,4	Неман г. Столбцы	1,7
		340		
3	Фенолы Нитраты	0,5	Зап. Двина г. Витебск	2,1
		20		
4	Азот аммонийный Нитраты	75	Припять г. Пинск	3,7
		35		
5	СПАВ Нитраты	12	Неман г. Столбцы	1,7
		70		
6	Нефтепродукты Взвешенные вещества	0,02	Неман г. Гродно	1,3
		2,36		
7	Фенолы Азот аммонийный	0,1	Зап. Двина г. Верхнедвинск	2,4
		800		
8	Нефтепродукты Нитраты	0,07	Зап. Двина п. Сураж	1,2
		200		
9	БПК Хлориды	15,8	Днепр г. Орша	1,7
		218		
10	Нитраты Нитриты	68	Днепр г. Шклов	1,6
		15		
11	Свинец Фенолы	0,001	Днепр г. Быхов	1,8
		0,1		

Номер варианта	Тип загрязняющих веществ	Масса выброса m_i , тыс. т	Участок выброса	Показатель относительной загрязненности, σ_k
12	Медь Нефтепродукты	0,002 0,5	Березина г. Бобруйск	3,0
13	Хлориды Ртуть	100 0,0001	Березина г. Борисов	1,1
14	СПАВ Свинец	14 0,003	Припять г. Пинск	3,7
15	Мышьяк Нитраты	0,0005 300	Припять г. Мозырь	5,1
16	Хлориды Нитриты	180 36	Днепр г. Речица	1,0
17	Медь Взвешенные вещества	0,003 2,3	Неман г. Гродно	1,3
18	Фенолы Нитриты	0,01 43	Зап. Двина г. Витебск	2,1
19	СПАВ Азот аммонийный	105 45	Березина г. Борисов	1,1
20	Нефтепродукты Свинец	0,08 0,0005	Днепр г. Орша	1,7
21	Хлориды Медь	4 0,0005	Сож г. Гомель	1,1
22	Мышьяк Азот аммонийный	0,00001 45	Березина г. Светлогорск	1,6
23	Цинк Фенолы	0,002 0,1	Зап. Двина г. Верхнедвинск	2,4
24	СПАВ БПК	13 0,7	Зап. Буг г. Брест	2,3
25	Нефтепродукты Нитраты	0,6 12	Зап. Буг г. Кобрин	2,3
26	Медь Нефтепродукты	0,002 0,5	Березина г. Бобруйск	2,5
27	Фенолы Нитраты	0,5 20	Зап. Двина г. Витебск	2,1
28	Фенолы Азот аммонийный	0,1 80	Зап. Двина г. Верхнедвинск	2,5
29	Свинец Фенолы	0,001 0,1	Днепр г. Быхов	1,8
30	Нефтепродукты Нитраты	0,07 20	Зап. Двина п. Сураж	1,4

Таблица П.1.7

**Предельно допустимые концентрации некоторых примесей
в водоемах рыбохозяйственного назначения**

№ п/п	Ингредиенты и показатели	Предельно допустимая концентрация, мг/л
1	БПК полная	3,0 мг O ₂ /л
2	Азот аммонийный (NH ₄)	0,39 (N)
3	Нитрат-ион (NO ₃)	9,0 (N)
4	Нитрит-ион (NO ₂)	0,02 (N)
5	Нефть и нефтепродукты	0,05
6	Фенолы	0,001
7	СПАВ	0,1
8	Хлориды (анион)	300
9	Взвешенные вещества	0,75
10	Свинец	0,03
11	Ртуть	0,0005
12	Медь	0,001
13	Мышьяк	0,05
14	Цинк	0,01

Таблица П.1.8

**Исходные данные для оценки экономического ущерба
от загрязнения твердыми отходами
(практическая работа № 4)**

Номер варианта	Наименование территории	Количество твердых отходов, тыс. т/год	Величина q
1	Брестская область (1994)	29	0,5
2	Витебская область (1994)	85	0,5
3	Гомельская область (1994)	113	0,5
4	Гродненская область (1994)	86	0,5
5	Минск (1994)	404	0,5
6	Минская область (1994)	76	0,7
7	Могилевская область (1994)	98	0,5
8	Брестская область (1993)	33	0,7
9	Витебская область (1993)	78	0,5
10	Гомельская область (1993)	119	0,5
11	Гродненская область (1993)	72	0,7
12	Минск (1993)	374	0,5
13	Минская область (1993)	88	0,5
14	Могилевская область (1993)	104	0,7
15	Бобруйск (средняя за 5 лет)	19	0,5
16	Брест (средняя)	8	0,5
17	Витебск (средняя)	22	0,5
18	Гомель (средняя)	28	0,5

Окончание табл. П.1.8

Номер варианта	Наименование территории	Количество твердых отходов, тыс. т/год	Величина q
19	Новополоцк (средняя)	14	0,5
20	Могилев (средняя)	29	0,5
21	Мозырь (средняя)	6	0,7
22	Орша (средняя)	19	0,7
23	Пинск (средняя)	9	0,5
24	Полоцк (средняя)	22	0,5
25	Минск (средняя)	400	0,5
26	Гомельская область (1995)	100	0,5
27	Гродненская область (1995)	90	0,5
28	Минск (1995)	404	0,5
29	Минская область (1995)	76	0,7
30	Могилевская область (1995)	98	0,5

Таблица П.1.9

**Значение константы для различных водохозяйственных участков,
на которых расположены предприятия
(практическая работа № 4)**

Номер водохозяйственного участка	Наименование бассейнов, рек и островов	Значение σ_k
1	Нева	0,47
2	Устье (Санкт-Петербург) Невы	0,47
3	Днепр	1,75
4	Дон, Нимлянский г/у	1,13
5	Устье Северной Двины	3,79
6	Устье Дона	1,87
7	Устье Камы	2,6
8	Устье Волги	0,8
9	Обь	0,34
10	Устье Амура	0,19
11	Устье Южного Буга	2,6

Таблица П.1.10

**Значение показателя A относительной опасности сброса
некоторых загрязняющих веществ
(практическая работа № 4)**

№ п/п	Вещество	A , усл. т/т
1	БПК	0,33
2	Взвешенные вещества	0,05
3	СПАВ	2
4	Нефть и нефтепродукты	20

Исходные данные для определения эффективности водоохранных мероприятий

Номер варианта	Количество сточных вод, м ³ /сут.	Загрязненность сточных вод по БПК ₂₀ , г/м ³		Взвешенные вещества, г/м ³		Нефтепродукты, г/м ³		СПАВ, г/м ³		Капитальные вложения, тыс. у. е.	Водохозяйственный участок
		до очистки	после очистки	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки		
1	250	40	10	100	40	100	60	10	5	40	2
2	250	50	15	100	45	90	55	12	5	40	3
3	250	60	20	100	50	80	55	15	5	48	4
4	300	70	25	100	55	70	50	13	5	48	5
5	300	80	30	120	60	60	50	14	5	52	6
6	300	90	35	120	65	100	45	10	7	52	7
7	350	80	40	120	70	90	45	12	7	55	8
8	350	50	35	130	75	80	40	15	7	55	9
9	350	60	30	130	80	70	40	13	7	60	10
10	400	70	30	140	85	60	35	14	5	60	11
11	400	80	25	140	90	60	25	10	5	65	1
12	400	90	20	150	100	60	55	12	6	65	2
13	250	45	15	100	40	90	60	12	5	40	3
14	250	55	15	100	45	100	55	10	5	45	4
15	250	65	20	100	50	80	45	14	5	48	5
16	250	70	25	100	55	75	45	10	5	48	6
17	300	75	25	100	55	75	50	12	6	50	7
18	300	85	25	110	58	85	40	14	6	52	8
19	300	95	30	115	75	95	45	10	5	52	9
20	350	90	35	125	70	100	40	12	7	53	10
21	350	50	30	125	80	95	40	15	7	56	11
22	350	60	35	135	85	90	38	14	7	58	1
23	400	70	35	140	80	65	30	14	6	60	2
24	400	70	28	145	85	60	35	10	5	62	3

Исходные данные расчета массы выбросов твердых частиц (практическая работа № 5)

Номер варианта	Бассейн, месторождение	Расход топлива B , т/ч	Доля золы, уносимой газами из котла, a_y	Потери тепла с уносом от механической неполноты сгорания топлива $q_{ун}$, %	Зольность топлива A_p , %	Низшая теплота сгорания, МДж/кг	Вид золоуловителя
1	Донецкий	25	0,8	0,02	27,8	17,25	
2	Донецкий	25	0,8	0,02	28,4	18,92	
3	Донецкий	30	0,8	0,02	30,1	21,14	
4	Донецкий	30	0,8	0,018	32,0	20,60	
5	Донецкий	35	0,8	0,018	34,8	18,23	
6	Кузнецкий	35	0,8	0,021	15,9	21,90	
7	Кузнецкий	40	0,8	0,021	16,9	23,57	
8	Кузнецкий	40	0,95	0,5	14,6	25,12	
9	Кузнецкий	45	0,95	0,5	16,2	24,16	
10	Днепровский	45	0,95	1	16,6	6,38	
11	Кизеловский	50	0,95	1,5	32,0	19,68	
12	Кизеловский	50	0,95	1,5	37,9	16,71	
13	Ирша-Бородинский	55	0,95	2	7,4	15,28	
14	Канско-Ачинский	55	0,95	2	7,9	12,85	
15	Березовское	60	0,8	0,02	4,7	15,66	
16	Боготольское	25	0,8	0,02	6,7	11,81	
17	Большесырское	25	0,8	0,02	6,1	19,05	
18	Черемховское I	30	0,8	0,018	29,8	16,41	
19	Азейское	30	0,8	0,018	16,5	15,99	
20	Партизанский	35	0,8	0,021	0,4	19,47	
21	Партизанский	35	0,8	0,021	0,4	20,52	
22	Партизанский	40	0,95	0,5	0,5	22,19	
23	Мазут	40	0,95	0,5	0,85	40,53	
24	Мазут	45	0,95	1	1,80	39,57	
25	Мазут	45	0,95	1,5	2,55	39,06	

Содержание

Практическая работа № 1

Расчет величины максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы для точечного источника..... 3

Практическая работа № 2

Оценка экономического, социального и экологического ущербов от антропогенных загрязнений атмосферы..... 6

Практическая работа № 3

Оценка экономического, социального и экологического ущербов от антропогенных загрязнений гидросферы и литосферы 11

Практическая работа № 4

Определение экономической эффективности водоохраных мероприятий..... 12

Практическая работа № 5

Расчет массы выбросов твердых частиц теплоэнергоустановками с дымовыми газами в атмосферу..... 15

Литература 17

Приложение 18

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Широглазова Наталия Владимировна
Кидун Наталья Михайловна**

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Практикум

**по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-36 04 02 «Промышленная
электроника», 1-36 12 01 «Проектирование
и производство сельскохозяйственной техники»
дневной и заочной форм обучения,
специальностей 1-40 01 02 «Информационные
системы и технологии (по направлениям)»,
1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»
дневной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. В. Гладкова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 4.03.13.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,54.

Изд. № 64.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр Учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48