

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичних занять з дисципліни

**“ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ
СИСТЕМ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ”**

за спеціальністю 183 “Технології захисту навколишнього середовища”
Рівень вищої освіти - бакалавр

Одеса 2019

Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля” для студентів природоохоронного факультету за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища», Одеса, ОДЕКУ, 2019р., 54 с. укр. мова

Укладачі: канд. фіз.-мат. наук, доцент Курятников В.В.; ст. викл. Співак А.Я.; ас. Кільян А.М.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальна частина.....	5
1.1 Мета і задачі курсу.....	5
1.2 Перелік тем практичних занять.....	6
1.3 Перелік навчальної літератури.....	7
2. Повчання по виконанню практичних завдань. Теми та зміст практичних занять.....	9
2.1 Сучасні задачі екологічної безпеки та захисту атмосферного повітря.....	9
2.2 Фізичні методи та технології очищення водних об'єктів природного середовища та ґрунтів.....	26
2.3 Застосування систем захисту від зовнішніх, у тому числі електромагнітних випромінювань.....	30
2.4 Розрахунки доз радіації та дозових навантажень.....	37
2.5 Екранування небезпечних енергетичних випромінювань. Розрахунки товщини екранів.....	42
3. Контрольні заходи на практичних заняттях з дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля”.....	48
4. Приклади тестових завдань для перевірки знань студентів.....	49
Додатки.....	52

ВСТУП

Мета цих методичних вказівок – допомогти студентам спеціальності “Технології захисту навколишнього середовища” в практичній роботі при вивченні дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля”.

Практичні заняття з цієї дисципліни потребують:

- підготовку до практичних занять;
- підготовку до усного опитування під час занять.

В загальній частині цих методичних вказівок наведені мета і задачі практичної частини дисципліни, які відповідають навчальному плану і робочій програмі курсу. Дається перелік основної та додаткової навчальної літератури та перелік знань і вмінь, якими повинен володіти студент після проходження практичної підготовки з даної дисципліни.

Другий розділ цих методичних вказівок "Організація самостійної роботи студентів" містить:

- перелік завдань по практичним заняттям;
- повчання по виконанню практичних завдань за дисципліною “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля”.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Навчальна дисципліна “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля” є обов’язковою, професійно орієнтованою для спеціальності - 183 “Технології захисту навколишнього середовища”.

1.1 Мета і задачі курсу

Мета і задачі практичної підготовки з дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля ” полягає у формуванні у студентів практичних знань інженерно-фізичних аспектів захисту об’єктів навколишнього середовища, здатності застосовувати адекватні до умов галузі сучасні технології захисту екосистем.

Задачі практичної частини курсу: засвоєння знань інженерних принципів захисту об’єктів навколишнього середовища, практичних знань засобів та методів ліквідування екологічно-небезпечних зовнішніх збурень, придбання навичок використання елементів конструювання для захисту навколишнього середовища, вмінь щодо ліквідації наслідків забруднення довкілля та організації безпечної життєдіяльності людей в умовах підвищеного екологічного ризику.

Перелік знань, вмінь та навичок

В результаті вивчення матеріалу дисципліни студент забор’язаний:

знати:

- елементи конструювання у технологіях захисту навколишнього середовища;
- інженерно-фізичні принципи захисту навколишнього середовища;

вміти:

- оцінювати рівень небезпеки забруднення навколишнього середовища;
- розраховувати режими роботи очисного обладнання для екологічно безпечного природокористування;
- аналізувати шляхи міграції радіонуклідів у природних середовищах і екосистемах ;
- організовувати життєдіяльність в умовах радіоактивного забруднення, що забезпечує мінімізацію дозових навантажень;

придбати навички:

- використання елементів конструювання для захисту навколишнього середовища;
- на основі інженерно-фізичних принципів захисту навколишнього середовища ліквідування наслідків забруднення навколишнього середовища.

Компетенції (шифри основних фахових компетенцій у ОПП): Основні спеціально-професійні **компетенції**, які запов'язаний мати студент після вивчення дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля” згідно освітньо-професійній програмі підготовки бакалаврів за спеціальністю “Технології захисту навколишнього середовища” (шифри основних фахових компетенцій в ОПП - К-11. **К-11:** - Здатність застосовувати теоретичні підходи, які базуються на досягненнях фундаментальних наук до моделювання та оцінки зовнішнього впливу, станів та динаміки елементів довкілля з метою застосування адекватних ефективних методів його убезпечення. Володіння фізичними основами, методами, моделями та підходами до організації захисту природних екосистем від впливу зовнішніх збурень. Знання методів захисту навколишнього середовища від шкідливих зовнішніх збурень.

До основних методів (технологій) навчання належать:

- елементи проблемного навчання, що реалізуються на практичних заняттях;
- компетентностний підхід, що реалізується на практичних заняттях;
- навчально-дослідна діяльність, що реалізується на практичних заняттях;
- Дисципліна містить 1 практичний модуль. Формою підсумкового контролю є залік. Студенти виконують залікову контрольну роботу.

1.2 Перелік тем практичних занять

Тема 1 Сучасні задачі екологічної безпеки та захисту атмосферного повітря

Тема 2 Фізичні методи та технології очищення водних об'єктів природного середовища та ґрунтів.

Тема 3 Застосування систем захисту від зовнішніх, у тому числі електромагнітних випромінювань

Тема 4 Розрахунки доз радіації та дозових навантажень

Тема 5 Екранування небезпечних енергетичних випромінювань. Розрахунки товщини екранів

1.3 Перелік навчальної літератури

Основна:

1. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля : Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2019, 60 с.
2. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. ОДЕКУ, Одеса, ТЕС, 2018, 254 с.
3. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля : Методичні вказівки до СРС. Одеса, ОДЕКУ, 2019, 58 с.
4. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. Засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008.– 207с.
5. Ратушняк Г. С. Теоретичні основи технології очищення газових викидів. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 96 с.
6. Під ред. Порєва В.А. Аналітичні екологічні прилади та системи. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009, 336 с.
7. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005, 210 с.
8. Ветошкин А.Г. Таранцева К.Р. Технологии защиты окружающей среды. (Теоретические основы) Учебное пособие. /Под ред. доктора технических наук, профессора, академика МАНЭБ и АТП РФ А.Г.Ветошкина-Пенза, 2004,
<http://window.edu.ru/resource/888/36888/files/stup114.pdf>

Додаткова:

1. Рыбаков Ю.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: конспект лекций. Екатеринбург, 2005, 196 с. Електронне - <http://www.twirpx.com/file/1472984/>
2. Кобзарь И.Г., Козлова В.В. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Курс лекций по дисциплине "Процессы и аппараты защиты окружающей среды". Ульяновск: УлГТУ, 2007. 68 с. Електронне - <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2007/140.pdf>
3. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К. 1997.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія. Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2003, 134 с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса, ТЕС, 2004, 144 с.
6. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
7. Кармелюк Г.І. Теорія ймовірностей та математична статистика. Посібник з розв'язування задач. К.: Центр учбової літератури, 2007. 576 с.
8. Герасимов О.І. Фізика гранульованих матеріалів. Одеса: ТЕС, 2015, 264 с.

9. Современные решения задач безопасности в квалификационных инженерных работах : учебное пособие /В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, В.Н. Макарова, Е.А. Сергеева, Л.А. Харкевич. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн.ун-та, 2010. 140 с.
- 10.Черный А.А. Принципы инженерного творчества: Учеб. пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. 43 с.: библиогр. 14 назв.
- 11.<http://www.eprints.library.odeku.edu.ua/>

2 ПОВЧАННЯ ПО ВИКОНАННЮ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ. ТЕМИ ТА ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Сучасні задачі екологічної безпеки, контролю стану та захисту навколишнього середовища стосуються методів та апаратури, інженерних рішень в питаннях технологій захисту навколишнього середовища.

Основними, найбільш значими природними екологічними системами є атмосферне повітря, водні системи та система «грунт-рослинний покрив».

Інженерні аспекти захисту цих систем включають природоохоронні технології та апарати, прилади та системи захисту навколишнього середовища. Це – пилоуловлювачі, сепараційні пристрої, циклони, очисні споруди, дамби та ін.

Режими роботи таких пристроїв та споруд потребує певних розрахунків на основі загальних інженерно-фізичних принципів.

З врахуванням екологічних проблем та проблем радіаційного забруднення розглянемо ці питання на прикладі відповідних розрахунків.

Приклади розрахунків таких систем приведені у даному розділі у вигляді розв'язання конкретних задач.

2.1 Сучасні задачі екологічної безпеки та захисту атмосферного повітря

Серед сучасних інженерно-фізичних задач екологічної безпеки та захисту навколишнього середовища є створення технологій та систем захисту об'єктів навколишнього середовища від забруднення та зовнішніх збурень.

Одна з основних таких задач – це очищення атмосферного повітря.

Це одна з сучасних технологій захисту навколишнього середовища.

На сучасному етапі для більшості промислових підприємств очищення вентиляційних викидів від шкідливих речовин є одним з основних заходів щодо захисту повітряного басейну. завдяки очищенню викидів перед їх надходженням в атмосферу, що запобігає забрудненню атмосферного повітря.

Основними джерелами штучних аерозольних забруднень повітря є ТЕС, які споживають вугілля високої зольності, збагачувальні фабрики, металургійні, цементні, магнезитові і сажові заводи. Аерозольні частинки від цих джерел відрізняються великою різноманітністю хімічного складу. Найчастіше в їхньому складі спостерігаються сполуки кремнію, кальцію і вуглецю, рідше - оксиди металів: заліза, магнію, марганцю, цинку, міді, нікелю, свинцю, сурми.

Аерозоль являє собою дисперсну систему, в якій середовищем є газ, зокрема, повітря, а дисперсною фазою - тверді або рідкі частинки.

Для кожного виду течії газу (рідини) або обтікання існує критичне число Рейнольдса, яке, як прийнято вважати, визначає перехід від ламінарного течії до турбулентного.

Критичне значення числа Рейнольдса залежить від конкретного виду течії (наприклад, течія в круглій трубі, обтікання кулі і т. п.), Різними збуреннями потоку, такими як зміна напрямку і модуля вектора швидкості потоку, місцевих звужень каналу і ін. можна змінити число Рейнольдса. При значеннях Re вище критичного і до певної межі спостерігається перехідний (змішаний) режим течії рідини, коли турбулентна течія більш ймовірна, але ламінарно в деяких конкретних випадках теж спостерігається - так звана нестійка турбулентність. Числа понад 2300 в трубах відповідає турбулентному режиму, інтервал 2300 - 10000; для прикладу в тонких плівках - інтервал від 20 - 120 до 1600.

Число Рейнольдса як критерій переходу від ламінарного до турбулентного режиму течії і назад відносно добре характеризує напірні потоки (протягом рідини в каналах). Для безнапірних потоків (наприклад, в річках) перехідна зона між ламінарним і турбулентним режимами зростає, і використання числа Рейнольдса як критерію не завжди правомірно. Наприклад, у водосховищах формально обчислені значення числа Рейнольдса дуже великі, але, тим не менше, там спостерігається ламінарна течія.

Варто зазначити, що для газів досягається при значно більших швидкостях течії, ніж у рідин, оскільки у перших значно більше кінематична в'язкість (в 10-15 разів).

Число Рейнольдса є міра відносини сил інерції, що діють в потоці, до сил в'язкості. Густина в чисельнику виразу характеризує інерцію частинок, що мають прискорення, а величина в'язкості в знаменнику характеризує схильність рідини перешкоджати такому прискоренню.

Також число Рейнольдса можна розглядати як відношення кінетичної енергії рідини до втрат енергії на характерній довжині (з огляду на внутрішнє тертя).

У газі або рідині зважені дисперсні частинки. Найбільш дрібні (тонкі) аерозольні частинки за розмірами близькі до великих молекул, а для найбільш великих найбільший розмір визначається їх здатністю більш-менш великий час перебувати в підвішеному стані.

В атмосфері аерозольні забруднення сприймаються у вигляд диму, туману, імлі або серпанку. Значна частина аерозолів утворюється в атмосфері при взаємодії твердих і рідких частинок між собою або з водяною парою. Середній розмір аерозольних частинок становить 1 ... 5 мкм. До аерозолів відносяться пилю, тумани і дими.

Дисперсність - ступінь подрібнення речовини. Під дисперсним (зер-

новим, гранулометрическим) складом розуміють розподіл частинок аерозолів за розмірами. Він показує, з частинок якого розміру складається даний аерозоль, масу або кількість частинок відповідного розміру.

2.1.1 Статистичні закони розподілу, основні визначення

Частота появи випадкових величин визначається законом розподілу імовірностей випадкових величин $x_i \rightarrow p(x_i)$ - дискретна ,
 $x \rightarrow p(x)$ - неперервна.

Тут $p(x)$ – густина імовірностей x .

Умова нормування:

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(x)dx = 1, \text{ або для дискретної величини } \sum_{i=0}^{\infty} p(x_i) = 1.$$

Середнє значення

$$\mu \equiv M(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx, \quad \mu \equiv M(x_i) = \sum_{i=1}^{\infty} x_i p(x_i)$$

Міра розкиду випадкових величин – дисперсія $D(x)$, $(\sigma^2(x))$

$$D(x_i) = (x_i - \mu)^2 = \bar{x}_i^2 - \mu^2$$

$$D(x) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 p(x)dx = \bar{x}^2 - \mu^2$$

$\sigma(x)$ - стандартне (середньоквадратичне) значення

$$P(\mu - g\sigma \leq x \leq \mu + g\sigma) = \int_{\mu - g\sigma}^{\mu + g\sigma} p(x)dx$$

Гаусс знайшов імовірність P :

1)	$g=1$	$P=0,68$
2)	$g=2$	$P=0,95$

Асиметрія розподілу характеризується безрозмірним параметром γ :

$$\gamma = \frac{(x - \mu)^3}{\sigma^3}$$

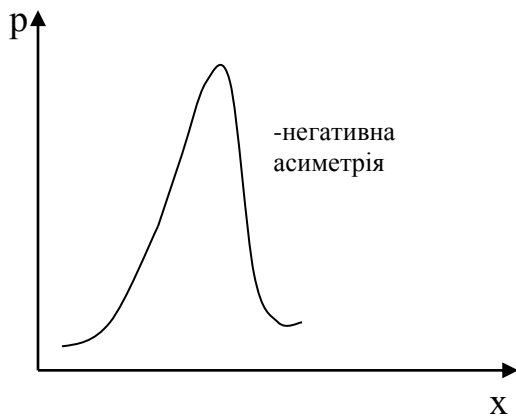


Рис.1



Рис.2

Розподіл дискретної величини описують: - 1) біноміальний розподіл, - 2) розподіл Пуассона (радіоактивний розпад підкорюється розподілу Пуассона).

Розглянемо деякі приклади статистичних розподілів.

2.1.1.1 Біноміальний розподіл

Імовірність P події має два результати: 0 і 1.

Якщо $P_{\text{спр}}=0$, то $P_{\text{неспр}}=1-0$.

Подія відбувається N разів, $p(x)$ - імовірність того, що подія - сприятлива, а несприятлива подія відбувається $(N-x)$ разів.

Повна імовірність x

$$p(x) = \frac{N!}{x!(N-x)!} \theta^x (1-\theta)^{N-x}$$

N - обмежено.

Приклад: розпад; взаємодія з ядрами.

1) Середнє значення

$$\mu = \frac{b-a}{2}$$

2) Дисперсія

$$D = \frac{(b-a)^2}{12}$$

Біноміальний розподіл використовується:

- при аналізі форми ліній у деяких спектрометрах,
- описує розподіл ядер віддачі при пружному розсіюванні нейтронів.

2.1.1.2. Розподіл Гаусса

Це розподіл неперервної величини.

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$p(x)$ залежить від двох параметрів: μ і σ .

Можна показати: 1. $\bar{x} = \mu$; 2. $D = \sigma^2$

Якщо покласти

$$t = \frac{x - \mu}{\sigma}, \text{ то } p(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)$$

Використовується:

- при описі розподілу кутів пружного розсіяння при проходженні заряджених частинок через речовину;

- розподіл пробігів важких заряджених частинок у речовині.

Імовірність попадання в заданий інтервал (α, β) визначається рівністю:

$$P(\alpha \leq X \leq \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right),$$

де Φ – інтегральна функція Лапласа.

2.1.1.3. Розподіл Пуассона:

$$p_k(\mu) = \frac{\mu^k}{k!} \exp(-\mu)$$

де $\mu = nt$, $p_k(\mu)$ – імовірність, що в інтервалі $(0, t)$ відбудеться k подій.

Приклади $\exp(-nt)$:

- радіоактивний розпад: $e^{-\lambda t}$;

- проходження нейтронів n^0 через речовину: $e^{-\Sigma t}$

$p_k(\mu)$ – характеризується одним параметром – μ

$$\mu - \forall, > 0, k \in \mathbb{N}$$

$$\frac{p_{k+1}(\mu)}{p_k(\mu)} = \frac{\mu}{k+1}$$

Розподіл Пуассона завжди асиметричний $\gamma \neq 0$.

Приклади: 1) реєстрація газорозрядним лічильником фонового космічного випромінювання – випадкова подія.

Властивості:

1. $\bar{k} = \mu$

2. $D(k) = \mu; \sigma = \sqrt{\mu}$

3. $\gamma = \frac{1}{\mu}$ завжди > 0 ; $\gamma \rightarrow 0$ при $\mu \rightarrow \infty$.

2) розподіл тривалості інтервалів

Робота сцинтиляційного лічильника, що опромінюється джерелом з малою інтенсивністю. Нехай середня швидкість рахунка – n в одиницю часу. Тоді

$$p(t) = n \exp(-nt).$$

Чим менше інтервал між подіями, тим більше імовірність спостерігати такий інтервал.

3) Розподіл δ -електронів. Властивості:

$$1) \mu = \frac{1}{n} \qquad 2) D = \frac{1}{n^2}$$

2.1.1.4. Розподіл Колмогорова

Показано, що цим розподілом описуються дисперсні системи пилу, подрібнювальні тверді матеріали, мука та т.і.

А.Н. Колмогоровим знайдений асимптотичний розподіл величини $u = S\sqrt{n} = \sqrt{n} \max |F(x) - F(x)|$, при різних значеннях числа відліків n . Тут $F(x)$ – експериментально обумовлене значення функції розподілу. Колмогоровим було знайдено, що при будь-якому $u = 1\sqrt{n}$

$$K(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} K_n(u) = 1 - 2 \sum_{v=1}^{\infty} (-1)^{v+1} e^{-2v^2 u^2},$$

тут $s = \frac{k}{n}, k = 1, \dots, n-1.$

Довірча область для будь-якої неперервної функції розподілу $F(x)$, що відповідає коефіцієнту довіри α , визначається наступною формулою

$$|F(x) - \hat{F}(x)| < u_{\alpha} \sqrt{n} \qquad \text{для всіх } x,$$

де u_{α} знаходиться з рівняння $K(u_{\alpha}) = \alpha$ по таблиці функції Колмогорова.

Ця нерівність визначає смугу, обмежену знизу і зверху лініями, між якими з імовірністю α цілком міститься графік невідомої функції розподілу $F(x)$.

2.1.2 Апарати очищення повітря

Способи очищення газових викидів. Захист атмосфери. Гравітаційне осадження. Осадженням називається поділ рідких неоднорідних систем шляхом виділення з рідкої фази твердих або рідких зважених частинок під дією сили тяжіння, відцентрової сили.

В основу дії пилоуловлюючих і сепараційних пристроїв покладений

певний фізичний механізм. У пилоуловлювачах і сепараційних пристроях знаходять застосування наступні способи відділення зважених частинок від середовища, тобто повітря (газу): осадження в гравітаційному полі, осадження під дією сил інерції, осадження в відцентровому полі, фільтрування, осадження в електричному полі, мокра газоочистка і ін.

Робота гравітаційних пилоуловлюючих пристроїв заснована на законах гравітаційного осадження, т. е. осадження пилових частинок під дією сили тяжіння.

$$F_{\Gamma} = \frac{1}{6} \rho g \pi d^3, \quad (2.1)$$

де d – діаметр частинки, g - прискорення вільного падіння. Сила Стокса F_c пов'язана із в'язкістю μ_0 , діаметром d та швидкістю осадження частинки $W_{\text{ч}}$:

$$F_c = 3 \pi \mu_0 d W_{\text{ч}} \quad (2.2)$$

Переміщення частинки в броунівському русі Δx відповідно до рівняння Ейнштейна:

$$\Delta x = \sqrt{2DT_0} \quad (2.3)$$

де D - коефіцієнт дифузії частинки, що характеризує інтенсивність броунівського руху, $\text{м}^2/\text{с}$; T_0 – час, с.

Явища осадження мають місце також в апаратах, дія яких, головним чином, заснована на використанні інших сил, зокрема, відцентрових.

Цей метод відділення частинок аерозолів від повітря (газу) значно ефективніше гравітаційного осадження, так як виникає відцентрова сила, яка у багато разів більше, ніж сила тяжіння. Відцентрова сепарація може застосовуватися по відношенню до більш дрібним частинкам.

В апаратах, заснованих на використанні відцентрової сепарації, можуть застосовуватися два принципових конструктивних рішення:

- потік аерозолу обертається в нерухомому корпусі апарату;
- потік рухається в обертовому роторі.

Перше рішення застосоване в циклонах, друге - в ротаційних пилоуловлювачах.

Швидкість відцентрового осадження кульової частинки можна визначити, порівнявши відцентрову силу $F_{\text{ц}}$, що виникає при обертанні пилогазового потоку, силі опору середовища згідно із законом Стокса

Таким чином, швидкість осадження зважених частинок у відцентрових пилоуловлювачах прямо пропорційна квадрату діаметра частинки.

Основним показником, що характеризує роботу апаратів очищення повітря від пилу в тих чи інших конкретних випадках їх застосування, є коефіцієнт (ступінь) очищення (ефективність знепилювання),%:

$$\varepsilon = \frac{m}{M}$$

де m , M - маса частинок пилу, що містяться в газах на вході в апарат (до очищення), та на виході з апарату після очищення.

Механічне пиловловлювання

Термін «механічні осаджувачі» зазвичай використовують для позначення пристроїв, в яких частинки осідають під дією сил тяжіння або інерції, або і тих і інших. У гравітаційних осаджувачах частинки осідають з потоку газу під дією власної ваги. В інерційних - потік частинок, зважених в газі, раптово змінюють напрямок руху. виникаючі інерційні сили прагнуть викинути частинки з потоку. Циклони-осаджувачі, в яких використовується інерція відцентрової сили, є важливим прикладом інерційних осаджувачів.

Швидкість видалення частинок пропорційна осаджуючій силі. Через дуже малу вагу дрібних частинок гравітаційне осадження виявляється занадто повільним і малоефективним процесом для частинок розміром менше 100 мкм. При використанні інерційного ефекту швидкість видалення різко підвищується. Завдяки цьому можна зменшити розмір обладнання та розширити діапазон ефективного уловлювання до частинок розміром близько 20 мкм. Для деяких циклонів граничний розмір, до якого вловлюються частинки становить 5 ... 10 мкм.

Для осадження під дією гравітації газ зазвичай пропускають через велику камеру, причому частинки мають можливість осісти в бункер на дні. Відстань, необхідну для осадження частинок, можна зменшити шляхом поділу простору камери.

Гравітаційні камери можна постачати відбивними перегородками для зміни напрямку руху газу і залучення сил інерції для збільшення осаджувальної дії. В інших конструкціях для створення інерційного ефекту використовують відбійники та ін.

У циклонних газу надають обертальний або вихровий рух, щоб на частинки діяли відцентрові сили.

Це досягається або тангенціальним введенням потоку в камеру, або пропусканням газу удовж осі циклону.

Осаджувачі розглянутого типу використовуються для первинного удалення грубих частинок газового потоку. У більшості випадків захисту повітря від забруднення потрібне вловлювання набагато більш дрібних частинок (розміром близько 1 мкм), тому зазвичай необхідно застосовувати осаджувачі інших типів. Однак механічні осаджувачі можна використовувати як попередні, розташовуючи їх послідовно з пристроями інших типів, щоб зменшити навантаження на останні. Це особливо необхідно при сильно запиленних газових потоках.

2.1.2.1 Пилеосаджувальні камери

Найпростішим сепаратором твердих частинок є пилеосаджувальна камера, в якій запилений газовий потік переміщується з малою швидкістю, що робить можливим гравітаційне осадження (седиментацію) суспензії.

Для досягнення прийнятної ефективності очищення газів даними пристроями необхідно, щоб частинки знаходилися в пилеосаджувальних апаратах можливо більш тривалий час, а швидкість руху пилового потоку була незначною. Тому дане обладнання відноситься до категорії екстенсивного обладнання, робочі обсяги таких апаратів досить значні, що вимагає великих виробничих площ. Однак пилеосаджувальні камери і пилові мішки мають дуже незначний гідравлічний опір (50 ... 300 Па).

У промисловості пилеосаджувальні камери використовуються в якості пристроїв попередньої обробки газів, наприклад, для відділення великих частинок і розвантаження апаратів наступних ступенів. У зв'язку з цим дане обладнання використовують тільки для осадження частинок великих розмірів (понад 100 мкм). Зазвичай середня швидкість руху газів в пилеосаджувальних камерах становить 0,2 ... 1 м / с, а в пилових мішках - 1 ... 1,5 м / с.

Найбільш поширені конструкції пилеосадительних камер і пилових «мішків».

Для рівномірного газорозподілу по перетину пилеосаджувальні камери можуть забезпечуватися дифузорами і газорозподільними решітками, а для зниження висоти осадження частинок - горизонтальними або похилими полицями. Ефективність уловлювання частинок за допомогою гравітаційного осадження можна підвищити, зменшуючи необхідний шлях їх падіння. Це можна здійснити, поміщаючи в камеру горизонтальні пластини, що перетворює її в групу невеликих паралельних камер. В деяких конструкціях пилеосаджуваль камер для підвищення їх ефективності передбачається пристрій ланцюгових або дротяних перегородок. Це дозволяє додатково до гравітаційного ефекту використовувати ефект інерційного осадження частинок при обтіканні потоком газів різних перешкод.

Метою розрахунку пилеосаджувальних камер є підбір їх габаритних розмірів і визначення коефіцієнта очищення. У загальному випадку коефіцієнти очищення можуть бути знайдені дослідним шляхом.

Конструювання осаджувальних камер засноване на підрахунку сил, діючих на частинку, і швидкості вертикального руху донизу під дією результуючої сили. Відповідно до закону Ньютона прискорення вертикального руху частинок визначається результуючою дією сили тяжіння, плавучості і опору середовища. У разі газового потоку ефектом плавучості можна знехтувати. Силу опору виражають через коефіцієнт опору ζ , що залежить від числа Рейнольдса Re . Рівняння руху частинки:

$$m \frac{dw_{oc}}{dt} = mg - \zeta \frac{\rho w_{oc}^2}{2} \pi r^2, \quad (*)$$

де r , d – радіус та діаметр частинки; m - маса частинки; w_{oc} - швидкість руху частинки; t - час; g - прискорення сили тяжіння; ρ - щільність середовища (газу);

Функціональну залежність між ζ і Re беруть зі стандартних графіків або рівнянь, що описують рух окремої сферичної частинки. При $Re < 0,5$ ця залежність характеризується законом Стокса $\zeta = 24 / Re$. Для великих Re можна використовувати емпіричне рівняння Клячко:

$$\zeta = 24 / Re + 4 / Re^{\frac{1}{2}},$$

яке може бути застосовано в діапазоні $0,5 < Re < 800$. Для маленьких частинок у виразі для сили опору слід вводити поправку Канінгема на ковзання, але в цьому випадку гравітаційне осадження вже не грає ролі.

Вертикальне прискорення частинки продовжується доти, поки сила ваги не стане рівною силі опору; після цього частинка рухається з постійною швидкістю. Ця швидкість називається стаціонарною швидкістю осадження частинки. Час, який необхідний для досягнення цієї швидкості, дуже малий, стаціонарна швидкість може бути знайдена, якщо ліву частину рівняння (*) прирівняти нулю. Цей вираз визначає число Галілея Ga .

$$Ga = 4gd^3 \rho(\rho_k - \rho) / 3\mu^2,$$

де μ - в'язкість газу; ρ - густина газу, ρ_k, d - густина та діаметр дисперсної частинки.

Пряме співвідношення між діаметром частинки і w_{oc} можна дати через комбінацію $(Re / \zeta)^{1/3}$ в функції $Ga^{1/3}$. Ця залежність добре виражається емпіричним співвідношенням

$$\lg (Re / \zeta)^{1/3} = -1,387 + 2,153 \lg Ga^{1/3} + 0,548 \lg 2Ga^{1/3} + 0,056651 \lg 2Ga^{1/3}$$

Таким чином, щоб розрахувати стаціонарну швидкість осадження частинок будь-якого розміру d спочатку треба знайти критерій Ga . Потім розраховують Re / ζ , а потім отримують w_{oc} , використовуючи дане вище визначення Re / ζ .

2.1.2.2 Циклони та їх розрахунки

Запилені гази подаються в циклони через тангенціальні або аксіальні завихрителі і роблять всередині апаратів складний обертально-поступальний рух.

На частинки, що зважені в потоці усередині циклону, діє сила інерції, яка прагне змістити їх з криволінійних ліній струму по дотичним, спрямованим під деяким кутом вниз і до стінки корпусу.

Частинки, що стикаються з внутрішньою поверхнею стінки, під дією сил тяжіння, інерції опускаються відносно газового потоку вниз і потрапляють в пилеприємник (бункер). Частинки, які не досягли стінки,

продовжують рух по криволінійних лініях струму і можуть бути винесені з циклону газовим потоком, який може захопити і деяку кількість осілих в бункер частинок.

Вважаючи, що траєкторії руху зважених частинок близькі до кіл, можна величину сили інерції прийняти пропорційною квадрату тангенціальної швидкості, масі частинок і обернено пропорційною радіусу обертання. Так, при радіусі обертання менше метра і тангенціальною швидкості в межах 10 ... 15 м / с сила інерції на порядок перевершує силу тяжіння. З цієї причини сепарація частинок в циклонах відбувається набагато інтенсивніше, ніж в гравітаційних осаджувальних камерах.

Оскільки інерційна сила пропорційна масі, то дрібні частинки уловлюються в циклонах погано. Ступінь очищення аерозолів з розмірами частинок понад 10 мкм знаходиться в межах 80 ... 95%, а більш дрібних частинок – набагато гірше. Збільшення ефекту осадження частинок за рахунок зменшення діаметра циклону і підвищення швидкості потоку можливо до деяких меж.

Конструкції циклонів

Існує ряд конструкцій циліндричних і конічних циклонів. Широке розповсюдження отримали циліндричні циклони.

Циліндричні циклони (ЦЦ) в залежності від необхідної продуктивності можна встановлювати поодинокі або компонувати в групи по два, чотири, шість, вісім циклонів.

Циклони мають подовжену конічну частину і спіральний вхідний патрубок. Циклони мають високу ефективністю очищення. Вони призначалися для уловлювання сажі, пилу та ін.

Розрахунки циклонів

При проектуванні циклону вибирають його геометрію, розмір, фракційну ефективність, перепад тиску і потрібну для кожного циклону потужність. Ці розрахунки ґрунтуються на заданих швидкості потоку газу, складі, температурі, тиску, концентрації пилу, а також на даних про дисперсний склад пилу. Ці дані необхідні, щоб сформулювати вимоги до пристрою для вторинного улавлівання пилу, якщо таке передбачається використовувати.

Надалі проводять розрахунок критичного (мінімального) діаметра частинок $d_{кр}$, які повністю уловлюються апаратом. Критичний розмір частинок може бути знайдений, наприклад, за такою залежністю:

$$d_{кр} = 3 \left\{ \frac{V \mu D (D + b)}{[\rho_z (v_{вх})^2]} \right\} \cdot [1 - (D + b) / 2D]^{0.5},$$

де V - об'ємна витрата газу, м³/с; $v_{вх}$ - швидкість газу на вході в циклон, м/с; D, b - характерні розміри циклону.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.1.1

Знайти довірчий інтервал Δa при кількості елементів $n=1000$ для стандартного значення коефіцієнту надійності.

Розв'язання:

Нехай, наприклад, $n=1000$. Задаючи коефіцієнт надійності $\alpha=0,95$, по табл. функцій Колмогорова визначаємо $u_\alpha=1,362$., довірчий інтервал Δa

$$\text{при } n=1000 \text{ дорівнює } \Delta a = \frac{u_\alpha}{\sqrt{n}} = \frac{1,362}{\sqrt{1000}} = 4,3 * 10^{-2} .$$

Відповідь: $4,3 * 10^{-2}$.

Задача 2.1.2

Знайти першій та другий моменти розподілу Гаусса при найбільш ймовірному значенні випадкової величини 10 та $\sigma=2$.

Розв'язання:

Першій момент – це середньоарифметичне значення

$$\bar{x} = \mu ;$$

Для розподілу Гауса середньоарифметичне значення співпадає з найбільш ймовірним значенням. Тому $\bar{X} = 10$.

Другий момент – це дисперсія

$$D = \sigma^2$$

Тому дисперсія дорівнює $2^2 = 4$

Відповідь:

$$\bar{X} = 10, D = 4.$$

Задача 2.1.3

Випадкові похибки вимірів параметра навколишнього середовища відлягають нормальному закону розподілу із середнім квадратичним відхиленням 20 в.о. і математичним сподіванням 0 в.о. Знайти ймовірність того, що з 3-х незалежних вимірів похибка хоча б одного не перевищить за абсолютною величиною 4 в.о.

Розв'язання:

Нехай подія А полягає в тому, що в 3-х незалежних вимірах похибка хоча б одного не перевищить δ :

$$P(|X| \leq \delta) = 2\Phi\left(\frac{\delta}{\sigma}\right), \text{ або } P(|X| \leq 4) = 2\Phi\left(\frac{4}{20}\right) = 2\Phi(0,2) = 2 * 0,0793 = 0,1586.$$

Отже $p=0,1586$; $q=1 - p = 0,8416$.

Тоді $P(A) = 1 - (1 - p)^3 = 1 - 0,8416^3 = 0,40433$.

Задача 2.1.4 Знайти кількість дисперсних частинок N розміром $d = 10^{-6}$ м густиною $\rho = 2,7 \cdot 10^{-3}$ г/см³ і концентрацією пилу $C = 10^{-9}$ кг/м³ в 1 м³ повітря

Розв'язання: $m_0 \cdot N = C$, де m_0 - маса однієї частинки

$$m_0 = \rho \frac{\pi d^3}{6}$$

$$m_0 = 2,7 \cdot \frac{3,14}{62} \cdot 10^{-18}$$

$$m_0 = 1,3 \cdot 10^{-18} \text{ г}$$

$$N = \frac{C}{m_0}$$

Відповідь: N дорівнює $0,8 \cdot 10^9$.

Задача 2. 1.5 Якої найбільшої швидкості v може рости дощова капля діаметром $d = 0,3$ мм, якщо динамічна в'язкість повітря $\eta = 1,2 \cdot 10^{-5}$ Па·с.

Розв'язання. Під час падіння на каплю діють дві протилежно спрямовані сили. Сила тяжіння $m\vec{g}$ і сила опору повітря \vec{F} (силу Архімеда не враховуємо). При підвищенні швидкості падіння сила опору зростає. Максимальної швидкості капля досягає, коли сила тяжіння і сила опору повітря стануть рівними $F = mg$. За законом Стокса $F = 6\pi\eta rv = 3\pi\eta dv$,

тоді $3\pi\eta dv = mg$. Оскільки $m = \rho V = \rho \frac{\pi d^3}{6}$, де ρ - щільність води, тоді

$$3\pi\eta dv = \rho g \frac{\pi d^3}{6}, \text{ звідки } v = \frac{\rho g d^2}{18\eta}; v = 4,1 \text{ м/с.}$$

Задача 2.1.6 Кулька спливає з постійною швидкістю v в рідині, щільність якої в 4 рази більше площини матеріалу кульки. У скільки разів сила тертя F , що діє на спливаючу кульку, більше сили тяжіння mg , що діє на цю кульку?

Розв'язання. За другим законом Ньютона

$$F_A - mg - F_{mp} = 0, \quad (1)$$

де

$$F_A = \rho_1 V g, \quad (2)$$

$$m = \rho_2 V. \quad (3)$$

З (3) $V = \frac{m}{\rho_2}$, тоді

$$F_A = 4\rho_2 \frac{m}{\rho_2} g = 4mg. \quad (4)$$

Перетворюючи (1) за участю (4) отримаємо

$$F_{mp} = 3mg \quad \text{або} \quad \frac{F_{mp}}{mg} = 3.$$

Відповідь: 3.

Задача 2.1.7 Сталева кулька падає в широкій посудині, наповненій трансформаторним маслом, щільність якого $\rho = 0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ та динамічна в'язкість $\eta = 0,8 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Вважаючи, що закон Стокса має місце при числі Рейнольдса $Re \leq 0,5$ (якщо при обчисленні Re в якості величини D взяти діаметр кульки), знайти граничне значення діаметра D кульки.

Розв'язання. Оскільки кулька рухається рівномірно, тоді за другим законом Ньютона

$$mg - F_A - F = 0, \quad (1)$$

де маса кульки

$$m = \rho_c V = \rho_c \frac{\pi d^3}{6}; \quad (2)$$

сила Архімеда

$$F_A = \rho_m V g = \rho_m \cdot g \frac{\pi d^3}{6}; \quad (3)$$

сила опору масла

$$F = 3\pi\eta dv \quad (4)$$

за законом Стокса. Підставляючи рівняння (2)-(4) в (1), після нескладних перетворень отримаємо

$$18\eta v = d^2 g(\rho_c - \rho_m),$$

звідки

$$v = \frac{D^2 g(\rho_c - \rho_m)}{18\eta}. \quad (5)$$

Число Рейнольда визначається відношенням $Re = \frac{Dv\rho_m}{\eta}$. За умовою

$$Re \leq 0,5, \text{ тоді } \frac{Dv\rho_m}{\eta} \leq 0,5 \text{ або, з урахуванням (5), } \frac{D^3 g(\rho_c - \rho_m)\rho_m}{18\eta^2} \leq 0,5.$$

$$\text{Звідси } D \leq \sqrt[3]{\frac{0,5 \cdot 18\eta^2}{g\rho_m(\rho_c - \rho_m)}}. \text{ Граничний діаметр кульки } D = 4,6 \text{ мм.}$$

Відповідь: 4,6 мм

Задача 2.1.8

Яку найбільшу швидкість може досягти дощова крапля діаметром $d=0,3 \text{ мм}$, якщо динамічна в'язкість повітря дорівнює $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$?

Розв'язання:

Максимальну швидкість падіння крапля досягне, коли сила тяжіння та сила опору повітря стануть рівними. Сила тяжіння

$$F = mg .$$

За законом Стокса

$$F_c = 6\pi\eta rv$$

Тоді

$$3\pi\eta dv = mg .$$

Так як маса

$$m = \rho V = \rho \frac{\pi d^3}{6} ,$$

де ρ - густина води, то

$$3\pi\eta dv = \rho g \frac{\pi d^3}{6} .$$

Звідки

$$v = \frac{\rho g d^2}{18\eta} ;$$

$$v = \frac{10^3 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 10^{-8}}{18 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5}} = 4,1 \text{ м/с} .$$

Відповідь: швидкість $v = 4,1 \text{ м/с}$.

Задача 2.1.9

Знайти число Рейнольдса (Re), що характеризує падіння краплі дощу діаметром $d=0.3 \text{ мм}$, якщо динамічна в'язкість повітря дорівнює $1.2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Розв'язання:

Число Рейнольдса (Re) – безрозмірна величина, що характеризує відношення нелінійного і дисипативного членів в рівнянні Нав'є-Стокса. Число Рейнольдса визначається наступними співвідношеннями:

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta} ,$$

де:

ρ - густина середовища, $\text{кг} / \text{м}^3$;

v - характерна швидкість, $\text{м} / \text{с}$;

l - гідравлічний діаметр, м ;

η - динамічна в'язкість середовища, $\text{Па} \cdot \text{с}$ або $\text{кг} / (\text{м} \cdot \text{с})$;

$\nu = \frac{\eta}{\rho}$ - кінематична в'язкість середовища, м²/с.

Знайдемо це число: $Re = \frac{\rho v l}{\eta} = \frac{1,2 \cdot 4,1 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 10^{-5}} = 1,2 \cdot 10^2$.

Відповідь: число Рейнольдса дорівнює 120.

Задача 2.1.10

Визначити розмір дисперсних частинок при ефективності осадження їх 50% в пилеосаджувальній камері, якщо вона має довжину $L = 10$ м, висоту $H = 1$ м, ширину $B = 2$ м. Витрата повітря через камеру $V = 3600$ м³/год, густина матеріалу частинок $\rho_k = 500$ кг/м³, в'язкість газу $\mu = 18 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

Розв'язання:

Знайдемо відносну швидкість осадження дисперсних частинок в осаджувальній камері з ефективністю 50 %:

$$w_{oc} = 1,5 \frac{H}{L} = 1,5 \frac{1}{10} = 0,15.$$

Знайдемо швидкість осадження дисперсних частинок $(w_{oc})_{50}$

$$(w_{oc})_{50} = 0,075 \text{ м/с.}$$

За знайденою швидкістю осадження, заданими густиною та в'язкістю газу визначимо розмір частинок, що осідають у камері при ефективності 50% є

$$d_{50} = \sqrt{\frac{18 \mu w_{oc}}{g(\rho_k - \rho)}} = \sqrt{\frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 0,075}{10(500 - 1,25)}} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 70 \text{ мкм.}$$

Відповідь: діаметр частинок дорівнює 70 мкм.

Задача 2.1.11

Знайти концентрацію шкідливої речовини q в повітрі приміщення, якщо відомо, що кількість виділяються шкідливих речовин в приміщенні $G = 0,5$ мг/м³, гранично допустима концентрація шкідливих речовин $q_{пдк} = 2$ мг/м³, об'єм приміщення $V_{п} = 300$ м³, а кратність повітрообміну $K = 5$.

Кратність повітрообміну K показує, скільки разів протягом години повітря в приміщенні повинен бути замінений повністю:

$$K = 3600 \frac{V}{V_{п}}, \text{ год}^{-1}.$$

При цьому кількість повітря V , яке треба подати в приміщення для розведення шкідливих речовин до безпечних концентрацій, визначається за формулою

$$V = G / (q_{пдк} - q_0), \text{ м}^3/\text{с},$$

де G - кількість шкідливих речовин, що виділяються, мг/с; $q_{пдк}$ - гранично допустима концентрація, мг/м³; q - концентрація шкідливої речовини на вході системи вентиляції, мг/м³ (не повинна перевищувати 30% від ГДК).

Розв'язання:

У випадках, коли кількість шкідливих речовин, у повітря приміщень важко визначити, допускається розраховувати кількість вентиляційного повітря по кратності повітрообміну, встановленого відомчими нормативними документами.

Знайдемо кількість повітря V , яке треба подати в приміщення для розведення шкідливих речовин до безпечних концентрацій q ($\text{м}^3/\text{с}$). Вона визначається по формулі $V = G / (q_{\text{пдк}} - q_0)$, $\text{м}^3/\text{с}$,

де G – кількість шкідливих речовин, що виділяються, $\text{мг}/\text{с}$; $q_{\text{пдк}}$ – гранично допустима концентрація, $\text{мг}/\text{м}^3$; q_0 – концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається, $\text{мг}/\text{м}^3$ (не повинна перевищувати 30% від ПДК).

Концентрація шкідливої речовини на вході системи вентиляції повітря, $\text{мг}/\text{м}^3$ дорівнює

$$q_0 = q_{\text{пдк}} - \frac{G}{V}$$

Підставивши чисельні значення, знайдемо q

$$q_0 = 2 \text{ мг}/\text{м}^3 - \frac{0,5}{0,5} = 1 \text{ мг}/\text{м}^3$$

Відповідь: концентрація шкідливої речовини в повітрі приміщення q дорівнює $1 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Задача 2.1.12

Знайти площу зони можливого хімічного зараження (ЗМХЗ) і час підходу хмари зараженого повітря до населеного пункту на відстані 15 км. в разі аварійного розливу аміаку в кількості 100 т. при швидкості вітру 3 м/с.

Площа ЗВХЗ визначається за формулою [1]:

$$S = \frac{\pi \Gamma^2}{360^\circ} \varphi, \text{ км}^2$$

де Γ - глибина зони зараження, км; φ - кутовий розмір зони зараження, град. Час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху його руху визначається за формулою: $t = x / v$, ч

де x - відстань від джерела зараження до об'єкта, км; v – швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря, км / год.

Кутовий розмір зони зараження і швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря знаходяться за допомогою таблиць 1-4 [1].

Розв'язання:

З таблиці 2 глибина зони зараження аміаком дорівнює $\Gamma = 31,3$ км. За таблиці 3 знаходимо кутовий розмір зони зараження. Для швидкості вітру більше 2 м/с він дорівнює 45 градусів. Тоді площа ЗМХЗ дорівнює

$$S = \frac{3,14 \cdot 31,4^2}{360} 45 = 387 \text{ км}^2$$

Швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря знаходяться за допомогою таблиці 4. Для ізотермії вона дорівнює 18 км/год. (див. додатки)

Тоді час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху його руху $t = \frac{X}{V} = \frac{15}{18} = 0,83$ год.

Відповідь: час підходу зараженої хмари до об'єкта, розташованого на шляху його руху на відстані 15 км дорівнює 50 хв., А площа забруднення 387 км².

Задачі до теми 1

1.1 Знайти довірчий інтервал Δa при кількості елементів $n=1000$ для стандартного значення коефіцієнту надійності 0,95.

1.2 Знайти першій та другий моменти розподілу Гаусса при найбільш ймовірному значенні випадкової величини 20 та $\sigma = 3$.

1.3 Знайти число Рейнольдса (Re), що характеризує падіння краплі дощу діаметром $d=0.5$ мм, якщо динамічна в'язкість повітря дорівнює $1.2 \cdot 10^{-5}$ Па·с.

1.4 Знайти швидкість W гравітаційного осадження дисперсної частинки діаметром $d = 20$ мкм. в повітрі. Густина речовини частинки - 1 г/см³, абсолютна температура - 293 К, в'язкість повітря - $1,8210^{-4}$ пуаз.

1.5 Знайти концентрацію шкідливої речовини q в повітрі приміщення, якщо відомо, що кількість виділяються шкідливих речовин в приміщенні $G = 0.3$ мг/м³, гранично допустима концентрація шкідливих речовин $q_{\text{цлк}} = 2$ мг/м³, об'єм приміщення $V_{\text{п}} = 500$ м³, а кратність повітрообміну $K = 5$.

2.2 Фізичні методи та технології очищення водних об'єктів природного середовища та ґрунтів

Захист гідросфери. Гідромеханічні способи очищення стічних вод.

Для видалення зважених частинок із стічних вод використовують періодичні і безперервні гідромеханічні процеси проціджування, гравітаційного і відцентрового відстоювання і фільтрування. Вибір методу залежить від розміру частинок домішок, фізико-хімічних властивостей, концентрації зважених частинок, витрати стічних вод і необхідного ступеня очищення.

Перед більш тонкої очищенням стічні води направляють на процеживання через решітки і сита, які встановлюють перед відстійниками з ціллю вилучення з них великих домішок.

Осадженням називається поділ рідких неоднорідних систем шляхом виділення з рідкої фази твердих або рідких зважених частинок під дією сили тяжіння, відцентрової сили.

Осадження відстоюванням відбувається під дією сили тяжіння.

Розрахунок відстійників. Відстоювання стічних вод проводять в апаратах, так званих відстійниками або згущувачі. Розрізняють горизонтальні, радіальні, вертикальні, трубчасті, пластинчасті відстійники з похилими перегородками. Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні резервуари, що мають два або більше одночасно працюючих відділень. Вода рухається з одного кінця відстійника до іншого.

Глибина відстійника дорівнює 1,5 ... 4 м, довжина 12 ... 48 м, ширина каналу 3 ... 6 м. Горизонтальні відстійники застосовують при витраті стічної води понад 15000 м³/добу. Ефективність відстоювання досягає 60%.

Відстійники проектується в розрахунку на осадження найдрібніших частинок, що знаходяться в стічній воді. Тому час перебування стічної води в апараті має бути більше часу осадження крейданих частинок або в межі дорівнює часу, необхідному для обмеженого осадження частинки меншого розміру на дно апарату із заданою висоти.

Продуктивність відстійника по освітленій воді $Q_{осв}$ (м³/с) Виражається рівнянням

$$Q_{осв} = v_n B H,$$

де v_n - швидкість потоку стічної води уздовж апарату, м/с; B - ширина відстойника, м; H - висота шару освітленої води, м.

Швидкість поділу неоднорідних систем в поле відцентрових сил вище в порівнянні зі швидкістю поділу цих систем в поле сили тяжіння. Відношення відцентрової сили до сили тяжіння можна зробити порівнянням прискорень частинки домішок в відцентровому і гравітаційном полях, тому що стосовно до частинки певної маси сили пропорційні прискоренням.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.2.1

При відстоюванні стічних вод витрата їх складає понад 15000 м³/добу. Якою повинна бути глибина відстійника, якщо відомо, що швидкість потоку стічної води уздовж апарату дорівнює 0,5 м/с; B - ширина відстойника дорівнює 5 м, довжина каналу $L= 50$ м.

Розв'язання:

Висоту шару освітленої води H можна визначити з формули

$$Q_{осв} = v_n B H,$$

$$Q_{\text{осв}} = \frac{15000}{604800} \cdot \frac{L}{v_n} = 2,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$H = \frac{Q_{\text{осв}}}{v_n B} = \frac{2,5}{0,5 \cdot 5} = 1 \text{ м}$$

Якщо глибина відстійника дорівнює 2 м, то ефективність відстоювання буде досягати лише $\frac{1}{2}$, тобто 50%.

Відповідь: висота шару освітленої води H дорівнює 1 м.

Задача 2.2.2

Частинки пилу малих розмірів беруть участь в броунівському русі - безладному хаотичному переміщенні частинок під дією ударів молекул.

Знайти коефіцієнт дифузії переміщення частинки в броунівському русі та відношення броунівського зміщення частинок до швидкості їх осадження за даними таблиці 1 у залежності від діаметру частинок.

Швидкості осадження і броунівського зміщення малих частинок

Таблиця 1

Діаметр частинок, $d_{\text{ч}}$, мкм	Критерій Рейнольдса	Швидкість осадження, см/с	Броунівське зміщення за 1 с, см
20	13,2	1,2	$1,54 \cdot 10^{-4}$
6	0,366	0,11	$2,84 \cdot 10^{-4}$
2	$1,43 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$5,07 \cdot 10^{-4}$
0,6	$4,62 \cdot 10^{-2}$	$1,39 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
0,2	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
0,06	$1,37 \cdot 10^{-6}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$
0,02	$1,26 \cdot 10^{-7}$	$1,14 \cdot 10^{-5}$	$1,06 \cdot 10^{-2}$

Густина - 1 г/см^3 , абсолютна температура - 293 К, в'язкість повітря - $1,82 \cdot 10^{-4}$ пуаз.

Розв'язання:

Відповідно до рівняння Ейнштейна переміщення частинки в броунівському русі Δx :

$$\Delta x = \sqrt{2D t_0},$$

де D - коефіцієнт дифузії частинки, що характеризує інтенсивність броунівського руху, $\text{м}^2/\text{с}$; t_0 - час (с).

Чим менше розмір частинки, тим більшу роль в її переміщенні має броунівський рух.

Із зменшенням розміру частинок швидкість осадження різко знижується і зростає броунівське зміщення. Для частинок розміром 0,05 ... 0,02 мкм воно вже на два -три порядки перевищує шлях частинки при вільному падінні. Тому високодисперсні аерозольні частинки практично не осідають, а переміщаються при броунівському русі в будь-якому напрямку.

Відповідь: Для частинок розміром 0,05 ... 0,02 мкм броунівське зміщення на два -три порядки перевищує шлях частинки при вільному падінні.

Задачі до теми 2

2.1 Ідеальна теплова машина, яка працює за зворотним циклом Карно в інтервалі температур 400... 1200 К, за один цикл може виконати роботу 93,02 кДж. Визначити кількість теплоти, що підводиться до машини і віддається нею за один цикл.

2.2 Кисень масою 12 кг охолоджують від 20 °С до -40 °С. Одночасно підвищують тиск від 1 до 60 бар. Чому дорівнює зміна ентропії, якщо молярна ізобарна теплоємність кисню дорівнює 29,2 Дж/(моль·К)?

2.3 Фреон, який використовується як холодоагент у холодильних установках, попадає при витіканні його в атмосферу, де опромінюється світловим потоком потужністю 1500 кВт з ККД 40 %. Скільки фосгену COCl_2 (у кг) при цьому утвориться за 15 хв., якщо енергія зв'язку C-C1, розрив якої лежить в основі даного процесу, дорівнює 3,04 еВ, а квантовий вихід реакції дорівнює 0,9? Промені якої довжини хвилі будуть при цьому поглинатися фреоном?

Потужність світлового потоку: $\Phi_e = 600$ Вт; За 15 хв. у реагуючу систему надходить енергія 5,410 Дж. З урахуванням квантового виходу у реакції знаходимо енергію, що необхідна для перетворення 1 моль фреону.

2.4 Знезараження води після технологічного циклу здійснюється хлором. Визначити довжину хвилі світла, яким треба обробити 1 моль хлору, щоб розірвати зв'язок C1-C1, якщо енергія її розриву $E = 239\ 000$ Дж/моль.

2.5 У скільки разів дисперсність частинок сульфадимезину, меленого на струменевому млині, більше дисперсності частинок сульфадимезину фармакопейного, якщо питомі поверхні їх порошоків відповідно рівні 3800 і 230 м / кг? Форма частинок сферична, густина 1,80 г/см³

2.6 Важливою фізико-хімічною характеристикою порошку є його питома поверхня. Від неї залежить стабільність при зберіганні, здатність до пресування і швидкість розчинення порошку. Як відрізняються питомі поверхні порошоків левоміцетину, що випускається трьома заводами, якщо дисперсності частинок відповідно рівні 0,0461; 0,0476; 0,0565 мкм (форма частинок сферична, густина 1,52 г / см)?

2.7 Для приготування лікарської мазі на основі бентоніту необхідно визначити дисперсність частинок бентоніту згідно з такими даними: час

осідання частинок бентоніту в водному середовищі на відстань 0,1 м становить 2 с, щільність бентоніту - 2,1 г/см³, щільність середовища - 1,1 г/см³, в'язкість середовища – 2·10⁻³ Па·с (форма частинок сферична).

2.8 Знайти площу зони можливого хімічного зараження (ЗМХЗ) і час підходу хмари зараженого повітря до населеного пункту на відстані 10 км. в разі аварійного розливу аміаку в кількості 50 т. при швидкості вітру 5 м/с.

2.9 При відстоюванні стічних вод витрата їх складає 25000 м³/добу. Якою повинна бути глибина відстійника, якщо відомо, що швидкість потоку стічної води уздовж апарату дорівнює 1 м/с; В - ширина відстійника дорівнює 5 м, довжина каналу L= 40 м.

2.10 Знайти швидкість W ч гравітаційного осадження дисперсної частинки діаметром d = 10 мкм у воді. Густина речовини частинки - 2 г/см³, абсолютна температура - 293 К, в'язкість води (див. довідник).

2.3 Застосування систем захисту від зовнішніх, у тому числі електромагнітних випромінювань

Енергетичні випромінювання – теплові, звукові, ядерне, електромагнітні, серед яких рентгенівське та гамма-випромінювання, взаємодіючи з речовиною, здійснюють на неї певний вплив.

Радіаційне забруднення. Захист від радіації.

Радіометрія - сукупність методів вимірювання величин, що характеризують швидкість радіоактивного розпаду речовини. До таких величин відносять активність, об'ємну активність, питому масову активність. Прилади для вимірювання цих величин називаються радіометрами.

Види радіоактивного розпаду: α - розпад, β - розпад, γ - випромінювання, спонтанний поділ важких ядер, а також протонна радіоактивність.

Закон радіоактивного розпаду має експоненціальний характер

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \quad (3.1)$$

де N і N₀ - кількість радіоактивних ядер в момент часу t і початкова їх кількість відповідно, λ - константа розпаду.

Стала розпаду λ, яка входить до закону радіоактивного розпаду, має імовірнісний зміст.

Активність **a** - це швидкість радіоактивного розпаду.

$$a = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N. \quad (3.2)$$

Одиниця активності в системі SI - 1 Бк = 1 розпад/с.

Позасистемна одиниця $1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

(1 Бк - 1 бекерель, 1 Ки - 1 кюрі).

Період піврозпаду $T_{1/2}$ - це час, за який розпадається половина початкової кількості ядер

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} . \quad (3.3)$$

З поняттям активності пов'язане поняття питомої активності. Питома активність q - це відношення активності радіоактивної речовини до її маси m

$$q = \frac{a}{m} , \quad (3.4)$$

За даними вимірювання питомої активності можна визначити період піврозпаду речовини. Якщо радіоактивний ізотоп А помістити в зачинену посудину, і в цій посудині в результаті розпаду ізотопу А утвориться радіоактивний ізотоп В, то через достатньо великий час кількість ізотопу В може бути визначена з співвідношення

$$N_A \cdot \lambda_A = N_B \cdot \lambda_B \quad (3.5)$$

Це співвідношення є умовою радіоактивної рівноваги. Ізотоп В при розпаді утворює інший радіоактивний ізотоп С і т.д. Таким чином утворюється ланцюжок або ряд радіоактивних елементів.

З формул (3.2) і (3.3) витікає

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N}{a} . \quad (3.6)$$

Кількість радіоактивних ядер дорівнює

$$N = N_A \cdot \frac{m}{M} , \quad (3.7)$$

де N_A - число Авогадро, M - молярна маса.

Отже з формул (3.6) і (3.7) можна знайти період піврозпаду

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{M \cdot q} . \quad (3.8)$$

Доза опромінення знаходиться у прямій залежності від концентрації радіонуклідів у об'єкті дослідження. Спеціальні служби здійснюють контроль вмісту радіоактивних ізотопів у продуктах харчування, будівельних матеріалах, та об'єктах навколишнього середовища. Їхні концентрації у об'єктах досліджень на багато порядків менші ніж ми звикли бачити у випадку скажімо шкідливих домішок у ґрунті, повітрі, воді, та інших типових об'єктах довкілля. Для визначення вмісту радіонуклідів використовується **питома активність**.

Для будь-якого нукліда можна розрахувати його питому активність q (Бк/кг) користуючись двома як правило відомими показниками: масовим числом A та періодом напіврозпаду $T_{1/2}$ (с).

Якщо маса проби дорівнює молярній M (кг/моль), $m = M$, отримуємо

$$q = \frac{a_M}{M}, \quad (3.9)$$

де a_M - активність 1 моля речовини (Бк/моль) (тобто активність $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ ядер ізоотопу). Зауважимо, що у загальному випадку для активності проби a довільної маси m , виконуються наступні

$$\text{співвідношення} \quad a = a_M \nu, \quad m = M \nu,$$

де ν - кількість речовини у пробі (моль).

З закону радіоактивного розпаду

$$a_M = \lambda N_A. \quad (3.10)$$

Таким чином

$$q = \frac{N_A \ln 2}{T_{1/2} M}. \quad (3.11)$$

Враховуючи $A \approx M$, остаточно отримуємо

$$q = \frac{N_A \ln 2}{T_{1/2} A}. \quad (3.12)$$

Співвідношення (3.12) дозволяє знайти питому активність хімічного елемента, який складається із суміші ізоотопів:

$$q_e = \frac{\sum_i \omega_i q_i}{100}, \quad (3.13)$$

де ω_i - вміст i -го ізоотопу у суміші (%). У найпростішому випадку хімічний елемент має лише один радіоактивний ізоотоп. Тоді вираз (3.13) суттєво спрощується

$$q_e = \frac{\omega_1 q_1}{100}. \quad (3.14)$$

Прикладом елемента, що містить у природній суміші ізоотопів один радіоактивний - є калій. А саме, вагова частка радіоактивного калію-40 (^{40}K) складає 0,01%. У деяких елементах радіоізоотопу значно більше ніж стабільних: ^{115}In міститься близько 95% у природній суміші! Але внаслідок великого періоду напіврозпаду їх питома активність дуже мала і тому часто розташована за межами чутливості приладів.

Якщо проба складається із суміші різних речовин, для розрахунку питомої активності такої проби q_0 (Бк/кг) треба ще врахувати частку елемента c (%) у ній:

$$q_0 = \frac{cq_e}{100} \quad (3.15)$$

Основні методи захисту від радіації:

- захист відстанню;
- захист екранами.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.3.1

Визначити початкову активність A_0 радіоактивного препарату магнію ${}^{27}_{12}\text{Mg}$ масою $m = 0.2$ мкг, а також його активність A через 6 годин.

$$m = 0.2 \text{ мкг} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$$

$$T_{1/2} = 10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$$

$$T = 6 \text{ год} = 2.16 \cdot 10^4 \text{ с}$$

$$A_0 = ? \quad A = ?$$

Розв'язання:

Активність A ізотопу характеризує швидкість розпаду:

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

Для початкової активності $t = 0$, тобто $A_0 = \lambda N_0$.

$$\lambda = (\ln 2) / T_{1/2}$$

Число радіоактивних ядер: $N = m N_A / \mu$, N_A - число Авогадро, μ - молярна маса. В таблицях знайдемо період напіврозпаду та молярну масу, таким чином отримаємо: початкова активність препарату

$$A_0 = \frac{m \cdot \ln 2 \cdot N_A}{\mu T_{1/2}};$$

його активність через час t :

$$A = \frac{m \cdot \ln 2 \cdot N_A}{\mu T_{1/2}} \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t\right);$$

$$\mu = 27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \quad N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot 0.693 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{27 \cdot 10^{-3} \cdot 600} = 5.13 \cdot 10^{12} \text{ Бк.}$$

$$A_0 = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot 0.693 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{27 \cdot 10^{-3} \cdot 600} \exp(-0.693 \cdot 2.16 \cdot 10^4 / 600) = 81.3 \text{ Бк.}$$

Відповідь: початкова активність A_0 дорівнює 81.3 Бк.

Задача 2.3.2

Знайти питому активність радіоактивного ізотопу за даними значеннями періоду його напіврозпаду $T_{1/2}$ (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ізотоп	Sr ⁹⁰	I ¹³¹	Cs ¹³⁷	C ¹⁴	Po ²¹⁰	Rn ²²²	Ra ²²⁶	U ²³⁵	U ²³⁸	Pu ²⁴²
$T_{1/2}$	28 роки	8 діб	30 років	5730 років	138 діб	3,82 діб	1590 років	7,1·10 ⁸ років	4,5·10 ⁹ років	3,8·10 ⁵ років

Розв'язання:

Період напіврозпаду $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$,

де λ - постійна розпаду.

Питома активність

$$q = \frac{a}{m},$$

де a - активність, m - маса ізотопу.

$$a = \lambda \cdot N,$$

де N – кількість радіоактивних ядер.

Звідси

$$q = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{A \cdot T_{1/2}}.$$

де N_A - число Авогадро, q – питома активність, A – атомна маса

Підставляючи в останню формулу значення періоду напіврозпаду, які наведені у таблиці, знаходимо питому активність.

Задача 2.3.3

Визначити період напіврозпаду цезію 137 за даними вимірювання питомої активності ізотопів q , Бк/кг, яка дорівнює $3,2 \cdot 10^{15}$ Бк/кг.

Розв'язання:

Період напіврозпаду визначається формулою 3.6

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N}{a},$$

де $N = N_A \cdot \frac{m}{M}$,

N_A - число Авогадро, M - молярна маса.

Отже $T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{M \cdot q} = 30$ років.

Відповідь: 30 років.

Задача 2.3.4

Внаслідок радіоактивного розпаду уран 238 перетворюється в ізоотп свинцю 206. Скільки альфа- та бетта-розпадів відбувається при цьому?

Розв'язання:

Кількість альфа-розпадів дорівнює

$$n_{\alpha} = \frac{\Delta A}{4} = \frac{238 - 206}{4} = 8,$$

кількість бетта-розпадів дорівнює

$$n_{\beta} = 2n_{\alpha} - \Delta Z = 2 \cdot 8 - (92 - 82) = 6$$

Відповідь: $n_{\alpha} = 8$, $n_{\beta} = 6$.

Задачі до теми 3

3.1. Скільки атомів полонію (${}^{210}_{84}\text{Po}$) розпадаються з 1 млн. атомів за добу?

3.2. Знайти масу радона (${}^{222}_{86}\text{Rn}$), активність якого дорівнює 1 кюрі.

3.3. Знайти сталу розпаду радона, якщо відомо, що число атомів радона зменшується за добу на 18.2%.

3.4. Деякий радіоактивний препарат має сталу розпаду $\lambda = 1.44 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$. Через який час відбудеться розпад 75% первонаочної кількості атомів?

3.5 Розрахуйте сталу розпаду, середній час життя та період напіврозпаду радіоактивного нукліда, активність якого зменшується в 1.07 разів за 100 діб.

3.6. Активність деякого радіоактивного ізоотпу 100 Бк. Знайти його активність після часу, що дорівнює половині від його періоду напіврозпаду.

3.7. Знайти питому активність ізоотпу ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.

3.8. Визначити час розпаду 1/3 начальної кількості ядер ${}^{225}_{29}\text{Ac}$.

- 3.9.** Активність 5 г $^{226}_{88}\text{Ra}$ дорівнює 10 Ки. Знайти період напіврозпаду цього ізотопу, порівняти з табличним значенням.
- 3.10.** Активність 1г $^{226}_{88}\text{Ra}$ дорівнює 1 Ки. Знайти період напіврозпаду цього ізотопу, порівняти з табличним значенням.
- 3.11.** Визначити початкову активність препарату ^{210}Po , якщо за період напіврозпаду цей препарат виділяє 2,2 кДж тепла (препарат випромінює α -частинки з кінетичною енергією 5,30 МеВ).
- 3.12.** Визначити енергію α -частинок, що виникають у процесі радіоактивного розпаду ядер $^{148}_{84}\text{Po}$.
- 3.13.** α -частинка зіткнулась з ядром бора $^{10}_5\text{B}$, внаслідок такої ядерної реакції утворились два нових ядра. Одним з них є ядро водню. Визначити друге ядро та енергетичний ефект реакції.
- 3.14.** Яке ядро утвориться після послідовних двох α -, β - та γ - розпадів?
- 3.15.** У закритому сосуді знаходиться 1.5 г радію. Яка кількість радону накопичиться у ньому за час, що дорівнює періоду напіврозпаду радону?
- 3.16.** Якась кількість радію знаходиться у закритому сосуді. Через який час кількість атомів радону в ньому буде відрізнятись на 10% від початкового?
- 3.17.** Кінетична енергія α -частинки, що вилітає з ядра атома радію дорівнює 4.78 МеВ. Знайти: 1) швидкість α -частинки, 2) повну енергію, що виділяється при виліті α -частинки.
- 3.18.** Яку кількість тепла виділяє 1 Ки радону 1) за годину, 2) за середній час життя, якщо кінетична енергія вилітаючої α -частинки дорівнює 5.5 МеВ.
- 3.19.** 1 г урану $^{238}_{92}\text{U}$ у рівновазі з продуктами розпаду виділяє 0.107 мкВт. Знайти повну кількість тепла, що виділяє 1г урану за середній час свого життя.
- 3.20.** При бомбардуванні ^7_3Li протонами утворюються дві α – частинки. Енергія кожної з них у момент їх утворення дорівнює 9.15 МеВ. Чому дорівнює енергія бомбардуючих протонів?
- 3.21** Визначити константу розпаду λ за даними вимірювання питомої активності ізотопів q , Бк/кг (таблиця 3.2)

Таблиця 3.2.

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ізотоп	Ca^{45}	Sr^{90}	Cs^{137}	I^{131}	C^{14}	Po^{210}	Rn^{222}	Ra^{226}	U^{235}	U^{238}

q, Бк/кг	6,6 ·10 ¹⁷	5,2 ·10 ¹⁵	3,2 ·10 ¹⁵	4,6 ·10 ¹⁸	1,6 ·10 ¹⁴	1,6 ·10 ¹⁷	5,7 ·10 ¹⁸	3,6 ·10 ¹³	7,9 ·10 ⁷	1,2 ·10 ⁷
----------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------

3.22 Знайти скільки α - і β - розпадів відбувається при перетвореннях радіонукліда 1 в радіонуклід 2, що приведені в таблиці 3.3. Визначити до яких радіоактивних рядів належать ці радіонукліди.

Таблиця 3.3

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р/нуклід 1	U ²³⁸	Th ²²⁹	U ²³⁵	Rn ²¹⁹	Ra ²²⁸	Po ²¹⁶	Th ²¹²	U ²³³	U ²³⁸	Np ²³⁷
Р/нуклід 2	Po ²¹⁰	Po ²¹³	Pb ²¹²	Bi ²⁰⁷	Pb ²⁰⁸	Pb ²⁰⁸	Rn ²²⁰	Bi ²¹³	Rn ²²²	Bi ²⁰⁹

3.23 За даними в таблиці 3.1 знайти, скільки атомів радіоактивного елементу розпадеться на протязі часу $\Delta t = 1$ доба з $N = 10^6$ атомів.

2.4 Розрахунки доз радіації та дозових навантажень

В умовах підвищеної радіаційної безпеки одним з методів захисту є захисні екрани, які гальмують високоенергетичні частинки іонізуючого випромінювання.

Доза випромінювання – це енергетична характеристика іонізуючого випромінювання.

Доза еквівалентна в органі чи тканині H_T — величина, що визначається як добуток поглиненої дози в окремому органі чи тканині на радіаційний зважуючий фактор w_R :

$$H_T = D w_R \quad (4.1)$$

Одиниця еквівалентної дози в системі СІ – зіверт (Зв). 1 Зв = 100 бер.

Доза ефективна (E). Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) як міру радіаційного впливу на живий організм ввела ефективну дозу E, яка є сумою добутоків еквівалентних доз H_T в окремих органах і тканинах на відповідні тканеві фактори, w_T . Ця доза визначається формулою

$$E = \sum w_T H_T, \quad (4.2)$$

Розрахунки доз та потужностей доз випромінювання в умовах підвищеної радіаційної безпеки.

Еквівалентну дозу H можна розрахувати за формулою (метод дозових коефіцієнтів)

$$H_T = A_{\beta v} \cdot V_i \cdot v, \quad (4.3)$$

де $A_{\beta v}$ - об'ємна активність, V_i - дозовий коефіцієнт, v - швидкість споживання.

Дозовий коефіцієнт може бути розрахований за формулою

$$V_i = \text{ГД/ГДР} \quad (4.4)$$

За нормами НРБУ-97 границя дози ГД=1мЗв/година. Границя річного приходу ГРП для повітря дорівнює $3 \cdot 10^4$ Бк/ годину. Границя річного приходу ГРП для води дорівнює $7,1 \cdot 10^4$ Бл/годину .

Таким чином, дозовий коефіцієнт ,що визначається за формулою (4.4) для повітря

$$V_{ih} = 0,33 \cdot 10^{-7} \text{Зв/ Бк} ,$$

а для води

$$V_{ig} = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{Зв/Бк} .$$

Моделювання переносу радіонуклідів у навколишньому середовищ пов'язане з розв'язком диференціальних рівнянь переносу типу

$$\partial C / \partial t + \partial(u_i C) / \partial x_i = \partial / \partial x_i (D_i \partial C / \partial x_i) + \lambda C + \sum_j R_j, \quad (4.5)$$

де C - концентрація радіонуклідів, X_i - координата, λ - константа розпаду, U_i - швидкість течії уздовж X_i , D_i - коефіцієнт дифузії, R_j - потужність джерел викиду.

У випадку стаціонарності потоку на великих відстанях від місця викиду для змулених у турбулентному потоці радіонуклідів розв'язок рівняння (2.19) при умові, що $\sum R_j = 0$, має вигляд

$$C = C_0 \cdot e^{-x/u(b+\lambda)}, \quad (4.6)$$

де b - константа осадження частинок,

$$b = v_s^2 / D_y \cdot u_x, \quad (4.7)$$

де V_s - швидкість стоксовської седиментації частинок.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.4.1

Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей, якщо в атмосферному повітрі була зареєстрована об'ємна активність 100 Бк/м^3 . Час перебування в зоні дорівнює 1 добу.

Розв'язання:

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою (4.4) і для повітря він дорівнює

$$B_{in} = 0,33 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/Бк.}$$

Швидкість споживання повітря V - це середня швидкість дихання. Для дорослих її вважають рівною $23 \text{ м}^3/\text{добу}$; для дітей - $13 \text{ м}^3/\text{добу}$, або $8,4 \cdot 10^3$ і $5,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{рік}$ відповідно.

Еквівалентна доза розраховується за формулою (4.3). Для дорослих вона дорівнює

$$H_T = 100 \cdot 0,33 \cdot 10^{-7} \cdot 23 = 0,08 \text{ мЗв,}$$

для дітей

$$H_T = 100 \cdot 0,33 \cdot 10^{-7} \cdot 13 \cdot 1 = 0,44 \text{ мЗв.}$$

Відповідь: Еквівалентна доза дорівнює $0,08 \text{ мЗв}$ для дорослих і $0,44 \text{ мЗв}$ для дітей.

Задача 2.4.2

Радіаційне забруднення питної води відповідає об'ємній активності $A_v = 370 \text{ Бк/л}$. Розрахувати річну еквівалентну дозу H_T на організм дорослої людини, якщо об'єм споживання води складає 2 л на добу і об'ємна активність води зберігається на протязі року.

Розв'язання:

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою (4.4), і для води він дорівнює

$$B_{ig} = \text{ГД/ГРП} = 10^{-3} / 7,1 \cdot 10^4 = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ (Зв/Бк).}$$

Використовуючи значення дозового коефіцієнта та об'єм річного споживання води $V = 2 \cdot 365 = 730 \text{ л/рік} = 0,73 \text{ м}^3/\text{рік}$, за формулою (4.3) отримаємо еквівалентну дозу

$$H_T = 370 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 10^{-8} \cdot 0,73 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ Зв/рік.}$$

Відповідь: еквівалентна доза дорівнює $3,7 \text{ мЗв/рік}$

Задача 2.4.3

Розрахувати активність води на відстані $X = 5 \text{ км}$ від місця викиду змуленого радіонукліда в річку. Активність радіонукліда на місці викиду дорівнює 500 Бк/л . Швидкість річки $U = 0,5 \text{ М/с}$. Константа осадження частинок $b = 5 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, константа розпаду $\lambda = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$.

Розв'язання:

Радіаційна активність води пропорційна концентрації радіонукліда у воді. Тому на відстані X від місця викиду активність A води дорівнює

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{X}{U}(b+\lambda)} = 112 \cdot 10^3 \text{ Бк/м}^3$$

Відповідь: активність води дорівнює 112 тисяч Бк/м^3

Задача 2.4.4

Під час аварії на АЕС річний викид ізотопу йоду I^{131} в атмосферу складає $Q = 8.1 \cdot 10^{11}$ Бк.

Розрахувати еквівалентну дозу на щитовидну залозу дорослої людини, що потрапляє в організм через органи дихання, якщо відомо, що коефіцієнт метеорологічного розбавлення дорівнює $G = 5 \cdot 10^{-8}$ с/м³.

Розв'язання:

Об'ємна активність повітря розраховується за формулою

$$A_v = Q \cdot G / t = 8,1 \cdot 10^{11} \cdot 5,0 \cdot 10^{-8} / 3,16 \cdot 10^7 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Бк/м}^3,$$

де $t = 3,16 \cdot 10^7$ с = 1 рік.

Еквівалентна доза розраховується за формулою

$$H_T = A_v \cdot V_i \cdot v,$$

і дорівнює

$$H_T = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Зв/рік.}$$

Відповідь: еквівалентна доза дорівнює $3,2 \cdot 10^{-6}$ Зв/рік.

Задача 2.4.5

Розрахувати еквівалентну дозу на поверхні землі, що утворює фотонне випромінювання від хмарини радіоактивних газів суміші ізотопів Kr і Xe. Хмарина утворилася внаслідок аварії на реакторі ВВЕР-440, коли $\delta = 10\%$ загальної кількості радіоактивного пального, що знаходилося в активній зоні реактора, потрапило в атмосферу. Висота викиду - 60 м, швидкість вітру $U = 1.6$ м/с, відстань від місця викиду - 3 км у напрямку вітру.

Розв'язання:

При даних умовах час руху радіоактивної хмарини до точки вимірювання: $t = x/u = 30$ хвилин. Повне завантаження активної зони реактора ураном складає 41,5 т, а питома активність q суміші ізотопів Kr і Xe дорівнює $4,06 \cdot 10^{16}$ і $1,07 \cdot 10^{17}$ Бк/т відповідно. Таким чином, активність суміші радіоактивних газів в точці вимірювання дорівнює

$$Q = q \cdot m \cdot \delta = (0,41 + 1,07) \cdot 10^{17} \cdot 41,5 \cdot 0,1 = 6,14 \cdot 10^{17} \text{ Бк}$$

Для умови даної задачі коефіцієнт метеорологічного розбавлення $G = 6,0 \cdot 10^{-5}$ с/м³. Для суміші ізотопів Kr і Xe за довідковими даними дозовий коефіцієнт $V_{\alpha\gamma}$ дорівнює

$$V_{\alpha\gamma} = 1,07 \cdot 10^{-6} \text{ Зв} \cdot \text{м}^3 / \text{рік} \cdot \text{Бк}.$$

Знаючи дозовий коефіцієнт, еквівалентну дозу H_T від короткочасного викиду Q можна розрахувати за формулою

$$H = Q \cdot V_{\beta\alpha\gamma} \cdot G_0 / u = 0,31(\text{Зв}).$$

Відповідь: еквівалентна доза дорівнює 0,31 Зв.

Задачі до теми 4

4.1 Визначити ефективну еквівалентну дозу і потужність дози γ - випромінювання з енергією квантів ~ 200 кеВ, якщо вимірена в повітрі експозиційна доза досягає величини X_T , а час перебування в зоні випромінювання дорівнює t . Значення X_T і t наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_T , Рентген	50	50	50	100	100	100	150	150	150	200
t , годин	20	15	10	20	15	10	30	20	10	20

4.2 Визначити еквівалентну дозу та потужність дози для дорослих та дітей, якщо в атмосферному повітрі зареєстрована об'ємна активність A_v . Час перебування в зоні випромінювання - t , годин (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2.

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_v , Бк/м ³	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
t , годин	10	10	5	5	5	5	5	5	10	10

4.3 В результаті аварійного викиду цезія Cs^{137} молоко стало забрудненим до значень об'ємної активності A_v . Розрахувати річну еквівалентну дозу H_T на організм людини, якщо добовий об'єм споживання молока $V = 0,5$ л на добу і об'ємна активність молока зберігається на протязі року. Границю річного приходу радіонуклідів вважати рівною $7,1 \cdot 10^4$ Бк/год. В парних варіантах вважати, що $A_v = 300$ Бк/л, в непарних варіантах - $A_v = 400$ Бк/л.

4.4 Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей, якщо в атмосферному повітрі була зареєстрована об'ємна активність 200 Бк/м³. Час перебування в зоні дорівнює 2 доби.

4.5 Визначити поглинуту дозу та потужність дози, якщо відомо, що у масі 100 кг поглинута енергія 200 Дж. за час 1 година.

4.6 Визначити експозиційну дозу та потужність дози фотонного випромінювання, якщо відомо, що у масі 100 кг поглинута енергія 400 Дж. за час 1 година. Одиниця експозиційної дози 1 Рентген $= 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

4.7 Експозиційна доза в 1 Рентген відповідає поглинутій дозі 8,8 мГр, або еквівалентній дозі фотонного випромінювання 8,8 мЗв. Чому дорівнює потужність поглинутої та еквівалентної дози звичайного радіаційного фону 12 мкР/год.?

4.8 Еквівалентна доза 1 бер (біологічний еквівалент рада) складає 0,01 Зв. Чому дорівнює у системі СІ еквівалентна летальна доза ЛД_{50/30}, якщо відомо, що у позасистемних одиницях вона дорівнює 400 рад.?

4.9 Знайти колективну дозу випромінювання, якщо відомо, що мешканці міста отримали у середньому еквівалентну ефективну дозу 0,02 Зв, а населення міста складає 200 тисяч мешканців.

4.10 Розрахувати річну еквівалентну дозу Н_T на організм дорослої людини, якщо об'єм споживання води складає 2 л на добу і об'ємна активність води А_v=200 Бк/л. зберігається на протязі року.

4.11 За даними таблиці 1.2 побудувати криву розподілу даних вимірювань. Оцінити характер розподілу. Знайти середню потужність дози, середнє квадратичне відхилення та довірчий інтервал Δa .

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р _x , мкР/год	8	8	9	10	11	12	14	14	15	17

4.12 Вимірювання потужності експозиційної дози випромінювання у 3-х дослідах показало 9 мкР/год, у 4-х дослідах 12 мкР/год та у 3-х дослідах – 15 мкР/год. Знайти середню потужність дози, середнє квадратичне відхилення та довірчий інтервал Δa

2.5 Екранування небезпечних енергетичних випромінювань. Розрахунки товщини екранів від бета-випромінювань

Захист об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій в умовах роботи з джерелами іонізуючого випромінювання, наприклад при роботі з ядерним реактором - це використання захисних екранів. Розглянемо основні фізичні закономірності такої технології захисту.

Проходження заряджених частинок крізь екрани Радіаційні втрати енергії

Усі заряджені частинки іонізуючого випромінювання, що гальмуються, стають джерелами електромагнітного випромінювання, енергія цього випромінювання пропорційна прискоренню у четвертому степені. Тому таке випромінювання треба враховувати для легких

заряджених частинок; але ним можна знехтувати для важких.. Втрати на це випромінювання у речовині прийнято називати радіаційними.

Питомі радіаційні втрати на одиницю пройденого частинкою шляху пропорційні енергії. Коефіцієнт пропорційності має розмірність $1/\text{см}$. Обернену величину цього коефіцієнта (визначимо його літерою l_0 .) називають радіаційною довжиною.

Радіаційні лінійні втрати енергії можна записати у вигляді

$$\left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\text{рад.}} = \frac{E}{l_0}, \quad (5.1)$$

де l_0 – радіаційна довжина. Розв'язавши це рівняння відносно енергії, можна отримати

$$E = E_0 \exp(-x/l_0). \quad (5.2)$$

З цього виразу зрозуміло, який зміст має радіаційна довжина - це відстань, на якій енергія іонізуючої частинки в речовині зменшується в e раз, тобто майже втричі. Ця довжина залежить тільки від порядкового номера атомів речовини та густини електронів в ньому, вона визначається формулою

$$l_0 = \frac{4.31 \cdot 10^{26}}{n_e \cdot Z \cdot \ln(183/Z^{1/3})} \text{ (см)}. \quad (5.3)$$

Послаблення потоку β -частинок з суцільним спектром відбувається за експоненціальним законом

$$J = J_0 e^{-\mu x}, \quad (5.4)$$

де μ – масовий коефіцієнт послаблення в одиницях $\text{см}^2/\text{г}$; x – товщина захисту в $\text{г}/\text{см}^2$. Масовий коефіцієнт в алюмінії визначається емпіричною формулою

$$\mu = 22/E_{\text{макс.}}^{1.33}, \text{ см}^2/\text{г} \quad (0.5 \leq E_\beta \leq 6 \text{ MeV}).$$

Шар половинного послаблення β -частинок в алюмінії

$$\Delta_{1/2} = 0.032 E_\beta^{1.33} \text{ (г/см}^2\text{)} \quad (5.5)$$

Можна оцінити іонізаційні здатності чи питому іонізацію (кількість іонних пар, що утворюються на одиницю довжини пробігу частинки). Оскільки енергія, що затрачується в середньому на утворення однієї пари іонів w , мало залежить і від енергії пролітаючої частинки, і від сорту поглинаючої речовини (вона дорівнює приблизно 33 eV), то лінійна густина іонізації (питома іонізація) – кількість пар іонів, що були утворенні випромінюванням на одиниці шляху

$$i = \frac{dE/dx}{w}. \quad (5.6)$$

Повна іонізація J – кількість пар іонів, які були утворені на всьому шляху випромінювання у речовині, визначається виразом

$$J = E/w.$$

Поглинаючу дію речовини характеризують лінійним та масовим пробігами, а також величиною шару половинного послаблення. Лінійний пробіг R – шлях, що проходить частинка до повної зупинки, чи мінімальна товщина поглинача, яка потрібна для повного поглинання іонізуючого випромінювання. Вона залежить від природи поглинача та його стану, а також від типу та енергії випромінювання. Пробіг збільшується з ростом енергії іонізуючих частинок, він пропорційний її масі та обернено пропорційний квадрату її заряду. Масовий пробіг – пробіг частинки в одиниці маси, він вимірюється в грамах на квадратний сантиметр і пов'язаний лінійним співвідношенням:

$$R_m = \rho R.$$

На практиці часто користуються емпіричними формулами для пробігу іонізуючих частинок у речовині.

Наприклад, пробіг α -частинки в повітрі можна розрахувати за емпіричною наближеною формулою

$$R_{\alpha}^{\text{пов}} = 0.31 \cdot E^{3/2} (\text{см})$$

Для пробігу у речовині з масовим числом A інша відома емпірична формула дає

$$R_m = 0.56 R^{\text{пов}} A^{1/3} \text{ (в одиницях мг/см}^2\text{)}. \quad (5.7)$$

Системи захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій.

Основне призначення екологічних приладів – контроль параметрів навколишнього середовища. Для цього використовують різноманітні спектрометричні методи та прилади.

Основні характеристики приладів, які реєструють іонізуючі випромінювання.

1. *Функція відгуку*, яка визначає зв'язок між властивостями реєстрованих частинок і характеристиками сигналу. Якщо функція $\Phi(E)$ описує енергетичний спектр частинок іонізуючого випромінювання, то функція $N(U)$, яка описує апаратний спектр сигналів (імпульсів), які виходять в системі завдяки реєстрації ядерних частинок, не обов'язково повинна бути ідентичною до функції $\Phi(E)$. Тут E - це енергія ядерних частинок, а U - це амплітуда напруги імпульсів. Зв'язок між апаратним спектром імпульсів і відповідної дійсності енергетичним спектром ядерних частинок можна описати інтегральним рівнянням Фредгольма першого роду за допомогою функції відгуку $G(E, U)$.

$$N(U) = \int \Phi(E) \cdot G(E, U) dE. \quad (5.8)$$

2. *Ефективність* (чутливість) приладу визначається мінімальним вторинним ефектом, який може бути зареєстрованим. Чутливістю

називається відношення кількості зареєстрованих частинок до кількості частинок, які входять в чутливий об'єм приладу. Для заряджених частинок чутливість близька до 100%. Для гамма-квантів і нейтронів вона є найменшою.

3. *Енергетичне розділення*- це мінімальна різниця в енергіях двох груп частинок, при якій прилад реєструє їх як частки з різними енергіями.

4. *Часове розділення* - це мінімальний час між послідовними влученнями в детектор двох частинок, при якому вони реєструються окремо. Цей час називається "мертвим" часом.

$$\tau = \frac{N_{1вим.} + N_{2вим.} - N_{12вим.}}{2 \cdot N_{1вим.} \cdot N_{2вим.}}, \quad (5.9)$$

де N_1, N_2, N_{12} - кількість імпульсів за одиницю часу для першого, другого та обох препаратів.

Часова розрізнявальна здатність лічильника

$$\beta = \frac{1}{\tau}. \quad (5.10)$$

Приклади розв'язання задач

Задача 2.5.1.

У скільки разів пробіг у повітрі α -частинок, що випромінюються ${}^{239}_{94}\text{Pu}$, більше пробігу α -частинок від ${}^{238}_{92}\text{U}$.

Розв'язання:

У таблиці знайдемо періоди напіврозпадів ядер:

$$T_{1/2}(\text{Pu}) = 2 \cdot 10^4 \text{років} = 2 \cdot 10^4 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{сек.} = 6.31 \cdot 10^{10} \text{сек.}$$

$$T_{1/2}(\text{U}) = 4.5 \cdot 10^9 \text{років} = 1.42 \cdot 10^{16} \text{сек.}$$

За формулою Гейгера-Неттола:

$$E = \left(\frac{D}{\lg T_{1/2} - C} \right)^2$$

визначимо енергію α -частинок, що випромінюються:

$$E_{\alpha}(\text{Pu}) = 5.15 \text{ MeV};$$

$$E_{\alpha}(\text{U}) = 4.18 \text{ MeV}.$$

За формулою для пробігів α -частинок у повітрі:

$$R_{\alpha}(\text{Pu}) = 0.31 \sqrt{E_{\alpha}^3} = 0.31 \sqrt{5.15^3} \approx 3.6 \text{ см.}$$

$$R_{\alpha}(\text{U}) = 0.31 \sqrt{4.18^3} = 0.31 \cdot 8.55 = 2.6 \text{ см.}$$

Звідси

$$R(\text{Pu})/R(\text{U}) = 3.6/2.6 = 1.4 \text{ рази.}$$

Відповідь: 1.4 рази.

Задача 2.5.2 Знайти відношення лінійних іонізаційних втрат енергії α -частинки та протона з однаковими кінетичними енергіями 5MeV в азоті.

$$M_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$M_\alpha = 4 M_p$$

$$Z = 7$$

$$E = 5 \text{ MeV} = 5 \cdot 10^6 \text{ eV.}$$

$$L_\alpha / L_p = ?$$

Розв'язання:

Відношення лінійних втрат можна знайти, враховуючи що енергії у частинок однакові.

Отримаємо:

$$\frac{L_\alpha}{L_p} = \frac{B_\alpha \ln \frac{2Em}{4M_p I}}{B_p \ln \frac{2Em}{4M_\alpha I}} = \frac{16 \ln \frac{5 \cdot 10^6}{2 \cdot 1840 \cdot 94.5}}{\ln \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^6}{1840 \cdot 94.5}} = 10.5$$

Таким чином при такої енергії перевищують іонізаційні втрати.

Зверніть увагу, що при розрахунку було враховано, що відношення маси протона до маси електрона $M_p/m_e = 1840$. Потенціал іонізації азота за формулою (3.5):

$$I(Z) = 13.5 \cdot Z \text{ eV} = 13.5 \cdot 7 \text{ eV.} = 94.5 \text{ eV.}$$

Під знаком логарифму стоїть відношення енергетичних величин: E та I, вони обидві були визначені в eV.

Відповідь: 10,5

Задача 2.5.3

Знайти часове розділення детектора методом двох препаратів, якщо відомо, що $N_1 = 50$ імп/с, $N_2 = 60$ імп/с, $N_{12} = 85$ імп/с

Розв'язання:

Часове розділення визначається за формулою 2.5.16

$$\tau = \frac{N_{1вим.} + N_{2вим.} - N_{12вим.}}{2 \cdot N_{1вим.} \cdot N_{2вим.}}$$

Підставляючи дані з умови задачі, отримаємо

$$\tau = \frac{50 + 60 - 85}{2 \cdot 50 \cdot 60} = 0,004 \text{ с.}$$

Відповідь: 4 с.

Задачі до теми 5

- 5.1** Знайти товщину шару половинного поглинення β -частинок з енергією 0.3 Мев у свинці.
- 5.2** Знайти товщину шару половинного поглинення β -частинок з енергією 0.1 Мев у воді.
- 5.3** Визначити радіаційну довжину електрона з енергією 0,8 MeV у повітрі при нормальних умовах.
- 5.4** При проходженні шару деякої речовини товщиною 0.40 см енергія швидких електронів зменшилась у середньому на 25%. Знайти радіаційну довжину електрона, якщо відомо, що втрати енергії електрона при цьому в основному радіаційні.
- 5.5** Оцінити початкову енергію електронів, якщо після проходження свинцевої пластинки завтовшки 5.0 мм енергія електронів у середньому дорівнює 42 MeV.
- 5.6** Знайти часове розділення детектора бетта-випромінювань методом двох препаратів, якщо відомо, що $N_1 = 45$ імп/с, $N_2 = 65$ імп/с, $N_{12} = 80$ імп/с

З КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ НА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТТЯХ З ДИСЦИПЛІНИ “КОНСТРУЮВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ”

Організація контролю знань та вмінь студентів з дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля” забезпечується комплексом контролюючих заходів поточного контролю.

До основних (обов’язкових) форм контролю з практичної частини дисципліни належать УО (усне опитування) та виконання завдань біля дошки під час розв’язання задач на аудиторних заняттях.

Для допуску до залікової контрольної роботи студент повинен виконати завдання за всіма темами дисципліни та отримати не менш 50 % балів за темами занять.

Перелік завдань до самостійної роботи студентів приведений в другому розділі "Організація самостійної роботи студентів" методичних вказівок з СРС з дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи захисту довкілля”.

Перед початком практичних занять студент повинен оволодіти теоретичними знаннями за темою заняття, використовуючи конспект лекцій та рекомендовану літературу.

Студент повинен виконати завдання, що стосуються його самостійної роботи.

Виконання завдань СРС перевіряється викладачем, який проводить практичні заняття та оцінює результати роботи.

Викладач оцінює результати роботи студента, проводячи індивідуальне та фронтальне опитування.

Приклади тестових завдань для перевірки готовності студентів до занять наведені нижче.

Максимальна сума балів, яка відводиться на оцінювання підготовки до занять складає 25%.

4 ПРИКЛАДИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ СТУДЕНІВ

Вибрати вірну відповідь:

Білет №1

1. У захисних пристроях навколишнього середовища від енергетичних впливів захист може здійснюватися
 - А. за рахунок відбивальної здатності захисного пристрою
 - Б. за рахунок поглинальної здатності захисного пристрою
 - В. з урахуванням прозорості захисного пристрою
 - Г. усіх, вище названих факторів
2. При захисту від вібрацій в промисловості зміна частоти власних коливань джерела (машини або пристрою) використовується
 - А. для виключення різких ударів та прискорень
 - Б. для виключення резонансу з частотою примусової сили
 - В. для ослаблення передачі вібрації об'єкту захисту
 - Г. для збільшення жорсткості системи
3. Основним способом захисту від електромагнітного випромінювання в навколишньому середовищі є
 - А. захист екранами
 - Б. захист часом
 - В. захист відстанню
 - Г. захист кількістю
4. Апарати, у яких здійснюють процес абсорбції, називають
 - А. циклони
 - Б. абсорбери
 - В. сепаратори
 - Г. фільтр
5. Процес розкладу речовини під дією електричного струму при відсутності або недостатності кисню, називається
 - А. електроліз
 - Б. піроліз
 - В. радіоліз
 - Г. термоліз
6. Для переробки твердих відходів використовують агрегати тонкого подрібнювання
 - А. шарові барабанні млини, струминні млини, вібраційні дезінтегратори
 - Б. абсорбери, адсорбери
 - В. сепаратори, фільтри
7. Для реагентної обробки стічних вод використовуються мінеральні та органічні сполуки - коагулянти і флокулянти. Для цього застосовують
 - А. мінеральні коагулянти: солі заліза, алюмінію
 - Б. хлорне залізо, яке застосовують в поєднанні з вапном.
 - В. синтетичні органічні флокулянти - лінійні, водорозчинні макромолекули
 - Г. усе перелічене

8. Для роботи кульового барабанного млина ємністю 60 тон використовується коробка передач. У чому полягає золоте правило відповідності кількості зубів суміжних між собою шестерень

- А. кількість зубів суміжних між собою шестерень повинно бути кратним
- Б. кількість зубів суміжних між собою шестерень повинно бути некратним
- В. кількість зубів суміжних між собою шестерень може бути будь-яким

9. У системах очищення стічних вод дії застосовують центрифуги безперервної дії з шнекової вивантаженням осаду для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок

- А. діаметром більше 10 мкм.
- Б. понад 100 мкм.
- В. понад 500 мкм.

10. У системах очищення стічних вод дії застосовують центрифуги періодичної дії при витратах суспензії менш 5м³ /год в широкому діапазоні концентрацій з частинками

- А. діаметром більше 10 мкм.
- Б. для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок понад 100 мкм.
- В. для поділу концентрованих суспензій з розміром частинок понад 200 мкм.

11. За допомогою яких приладів визначають потужність дози випромінювання?

- А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) гігрометр

12. На якому з ефектів заснований сцинтиляційний метод реєстрації радіації?

- А) Іонізація атомів і молекул речовини детектора, Б) вторинні ефекти збудження атомів і молекул, В) рекомбінація іонів, Г) фотоефект, Д) ефект Комптона.

13. Що показує характеристика поглинання іонізуючого випромінювання захисними екранами I_{10} ?

- А) Товщина екрану в 10 разів більша за необхідну для захисту, Б) товщина в 10 разів менша за необхідну, В) інтенсивність випромінювання зменшується в 10 разів, Г) інтенсивність випромінювання збільшується в 10 разів.

14. За допомогою яких приладів визначають активність іонізуючого випромінювання?

- А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) гігрометр

15. За допомогою яких приладів перетворюють сцинтиляції в електричний імпульс ?

- А) Радіометр, Б) дозиметр, В) спектрометр, Г) фотоелектронний помножувач, Д) аналізатор імпульсів

16. Скільки шарів половинного послаблення потрібно для зменшення рентгенівських променів в 4 рази?

А) 1 шар, Б) 2 шари, В) 3 шари, Г) 4 шари, Д) 5 шарів.

17. Як називається чутливий елемент приладів радіо-дозиметричного контролю

А. детектор

Б. фотоелектронний помножувач,

В. аналізатор імпульсів

18. В яких одиницях вимірюється потужність експозиційної дози?

А) Рентген, Б) Ампер/ кг, В) Кулон/кг, Г) рад/с, Д) Гр/с

19. У яких одиницях вимірюється сучасними дозиметрами еквівалентна доза?

А) Рентген, Б) Ампер/ кг, В) Зв, Г) рад/с, Д) Гр/с

20. Як називаються прилади для вимірювання та аналізу спектрів гамма-випромінювання?

А. детектори

Б. гамма-спектрометри

В. аналізатори імпульсів

Г. дозиметри

ДОДАТОК А

Таблица 1. до задачі 2.1.12 Характеристики аварійних хімічно небезпечних речовин для визначення глибини зони зараження Г.



Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Температура АХОВ	Пороговая токсодоза	Значение вспомогательных коэффициентов							
	газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K' ₇ /K'' ₇				
								для -40°C	для -20°C	для 0°C	для 20°C	для 40°C
1. Аммиак: хранение под давлением	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
изотермическое хранение	-	0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1
2. Водород мышьяковистый	0,0035	1,64	-62,47	0,2	0,17	0,054	0,857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
3. Водород фтористый	-	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1
4. Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2	0,28	0,037	0,30	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1
5. Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4	0,13	0,055	6,0	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
6. Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1
7. Метил бромистый	-	1,732	3,6	1,2	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1

ДОДАТОК Б

Таблица 2 до задачі 2.1.12 Значення глибини зони можливого хімічного зараження (ЗМХЗ), км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ Q _э , т																	
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	288	362	572
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,2	10,83	16,44	21,02	28,79	35,35	44,09	87,79	121	150	189	295
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,3	61,47	84,5	104	130	202
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,8	48,18	65,92	81,17	101	157
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	67,15	83,6	129
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,2	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	56,72	71,7	110
7	0,14	0,32	0,45	1,0	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	50,93	63,16	96,3
8	0,13	0,3	0,42	0,94	1,33	2,3	2,97	4,2	5,92	7,42	9,9	11,98	14,68	27,75	37,49	45,79	56,7	86,2
9	0,12	0,28	0,4	0,88	1,25	2,17	2,8	3,96	5,6	6,86	9,12	11,03	13,5	25,39	34,24	41,76	51,6	78,3
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,5	8,5	10,23	12,54	23,49	31,61	38,5	47,53	71,9

• *конвекция* – возникает обычно через 2 ч после восхода солнца и разрушается примерно за 2–2,5 ч до его захода. Она наблюдается в летние ясные дни. При конвекции нижние слои воздуха нагреты сильнее верхних, что способствует быстрому рассеиванию заражённого воздуха и уменьшению его поражающего действия.

Степень вертикальной устойчивости воздуха определяется по табл. 3.3.

5. При заблаговременном прогнозировании рекомендуется принимать: количество выброшенного АХОВ – его содержание в максимальной по объёму единичной ёмкости (технологической, складской, транспортной и др.); метеоусловия

ДОДАТОК В

Таблиця 3 Кутовий розмір зони зараження φ

Швидкість вітру U, м/с	Кутовий розмір зони зараження φ , град.
Менее 0,5	360
0,6 – 1,0	180
1,1 – 2,0	90
Более 2,0	45

Таблиця 4. Швидкість переносу переднього фронту забрудненого повітря V в залежності від швидкості вітру U, м/с

Швидкість вітру U, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Швидкість переносу V, км/ч	Інверсія														
	5	10	16	21											
	Ізотермія														
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
Швидкість переносу V, км/ч	Конвекція														
	7	14	21	28											

Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи захисту довкілля” для студентів природоохоронного факультету за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища», Одеса, ОДЕКУ, 2019р., 54 с. укр. мова

Укладачі: канд. фіз.-мат. наук, доцент Курятников В.В.; ст. викл. Співак А.Я.; ас. Кільян А.М.

Одеський державний екологічний університет
65016, м.Одеса, вул. Львівська, 15