

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ ТА ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ОХОРОНИ БІОСФЕРИ

Методичні вказівки
до вивчення дисципліни
для студентів, які навчаються за напрямом
підготовки 6.060101 “Будівництво” та спеціальності
7.092108 “Теплогазопостачання і вентиляція”

Київ 2016

УДК 627.92

ББК

М11

Укладачі: В.В. Трофімович, канд. техн. наук, професор;
О.А. Василенко, канд. техн. наук, професор;
І.В. Клімова, канд. техн. наук, доцент;
Н.Є. Журавська, старш. викладач

Рецензент О.А. Котовенко, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск О.С. Волошкіна, д-р. техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри охорони праці і навколишнього
середовища, протокол № 11 від 15 квітня 2016 року.*

Видається в авторській редакції.

Моніторинг довкілля та інженерні методи охорони біосфери:
методичні

М11 вказівки до вивчення дисципліни / уклад.: В.В. Трофімович,
О.А. Василенко, І.В. Клімова, Н.Є. Журавська. – К.: КНУБА, 2016. – 40 с.

Розглянуто методи очищення викидів атмосферного повітря
залежно від видів забруднювачів, інженерні методи охорони водних
ресурсів та довідкові таблиці (у додатках).

Призначено для студентів, які навчаються за напрямом
підготовки 6.060101 “Будівництво” та спеціальності 7.092108
“Теплогазопостачання і вентиляція”.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета і завдання вивчення дисципліни. Інженери-будівельники спеціальностей “Теплогазопостачання і вентиляція”, “Споруди і обладнання систем водопостачання і водовідведення” та “Водопостачання і водовідведення” під час своєї професійної діяльності беруть активну участь у природокористуванні та охороні біосфери від антропогенного впливу. В блоках професійно-навчальних дисциплін і дисциплін підготовки спеціаліста розкривається система знань і умінь у природоохоронній діяльності. базується на знаннях, отриманих з курсів “Основи екології”, “Інженерна геодезія”, “Фізика”, “Хімія”, “Основи системного аналізу” і доповнює основу для засвоєння дисциплін, у яких передбачається вивчення технологій очистки викидів у атмосферу, скидів у природні водойми. Метою вивчення дисципліни є отримання знань про сучасну організацію вивчення забруднення і змін у біосфері, прогнозування стану довкілля і запобігання його погіршенню.

Програма дисципліни. 1. Вступ. Загальні проблеми забруднення і захисту біосфери. Міжнародне співробітництво в галузі охорони навколишнього природного середовища.

2. Регіональний і глобальний моніторинг довкілля. Загальне визначення моніторингу, його складові. Задачі, система показників, моделювання. Моніторинг окремих складових біосфери. Організація служб моніторингу біосфери.

3. Джерела і забруднювачі атмосфери, механізм розповсюдження. Первинні і вторинні забруднювачі. Фактори масопереносу в атмосфері. Вплив турбулентності, розподілення температур у атмосфері, рельєфу місцевості. Теорії розсіювання в атмосфері. Інженерні методи розрахунку концентрацій забруднень у повітрі. Нормування забруднення атмосфери.

4. Інженерні методи охорони атмосферного повітря. Вплив забруднювачів атмосфери на навколишнє середовище. Організаційні, технологічні і технічні заходи. Вибір методів очищення викидів залежно від видів забруднювачів і їх фізико-хімічних властивостей. Основне устаткування для очистки викидів. Інженерні методи розрахунків.

5. Інженерні методи охорони водних ресурсів. Забруднення водойм промисловими і міськими стічними водами. Методи визначення, вимірювання і реєстрації забруднень водних джерел. Процеси самоочищення у природних водоймах. Методи очистки стічних вод, вилучення й утилізації цінних домішок. Роль мікроорганізмів, вищої водної рослинності, риб та інших організмів у очищенні води. Вплив атмосферних факторів на біопродуктивність водоймищ. Підземні води, їх охорона і поновлення. Захист малих рік від забруднення і виснаження. Відновлення ґрунтів та надр. Забруднення ґрунтів та надр, основні джерела і забруднювальні речовини. Попередження

забруднення. Збір, класифікація, нейтралізація і вторинне використання твердих відходів. Боротьба з ерозією ґрунтів, рекультивація сільськогосподарських угідь і “промислових пустель”. Знешкодження і поховання радіоактивних відходів.

7. Охорона рослинних ресурсів. Роль рослин у кругообігу речовин у природі; процеси фотосинтезу. Стан і види рослинних ресурсів на Землі. Значення лісу і лісових ресурсів. Лісові пожежі, екологічні збитки. Ґрунтозахисне і водоохоронне значення лісів. Вплив лісів на клімат. Вплив забруднень навколишнього середовища на рослинні ресурси суші. Інженерні методи захисту рослинних ресурсів.

8. Охорона тваринного світу. Тваринний світ як складова частина екологічної системи Землі. Скорочення чисельності тваринного світу – результат діяльності людства. Правові основи захисту тваринного світу. Головні напрями діяльності з охорони тваринного світу.

9. Охорона ландшафтів. Ландшафти та їх види. Зміна ландшафтів у промислових районах. Правова охорона ландшафтів. Розвиток і сучасний стан заповідної справи.

1. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Вступ. Моніторинг довкілля як діяльність у системі управління якістю навколишнього природного середовища бере початок з міжнародного усвідомлення проблеми [2]. Загальноприйняте визначення моніторингу було запропоноване акад. Ю.А. Ізраєлем [19]. Нині моніторинг навколишнього середовища на різних рівнях і з різним змістом здійснюється майже всіма країнами світу. В Україні ця діяльність здійснюється під керівництвом Управління моніторингу Міністерства охорони природного навколишнього середовища.

1.2. Обсяги робіт з моніторингу визначаються рівнями за територіальною ознакою і блоками за узагальненою характеристикою змісту [13] (в напрямку збільшення масштабу) можуть бути: **глобальний** (біосферний), **державний** (національний), **регіональний**, **обласний**, **районний**, у межах полігона або об'єкта. Останні три рівні можуть оцінюватись як локальні. З огляду на зміст досліджень і прогнозування, найбільшу цінність становить моніторинг, який може вважатись комплексним. Для глобального моніторингу комплексність забезпечується двома блоками: екологічним і фізичним. У свою чергу, екологічний блок об'єднує три підблоки: біологічний і геохімічний (для гідросфери), геосидерологічний (для ґрунтового середовища) [26]. Фізичний блок за змістом є санітарний блок. Системи показників відповідають характеристикам окремих абіотичних і біотичних факторів та їх сукупностям.

Засоби і служби для здійснення моніторингових досліджень визначають залежно від рівня і змісту блоків [2].

Прогнозування, як складовий елемент діяльності з моніторингу, здійснюється на основі моделювання систем. Моделі можуть бути: фізичні, концептуальні, графічні, математичні, машинно-експериментальні [4]. Екологічні дослідження проводяться і узагальнюються з обраним масштабом картографування та відповідними аксонометричними категоріями

Державний (М – 1:1 000 000 і 1:500 000),

регіональний (М – 1:500 000 і 1:200 000),

обласний (М – 1:200 000 і 1:100 000),

районний (М – 1:5 000 і 1:25 000),

полігона (М – 1:10 000 і 1:5 000),

об'єкта (М – 1:2 000 і 1:500).

1 см² карти обраного масштабу відповідає одному об'єкту спостережень, від якого отримується й узагальнюється інформація. Залежно від масштабу обирають методологію і засоби: від дистанційного дослідження до лабораторно-інструментального на об'єктах і полігонах.

Блоки геохімічних досліджень охоплюють ландшафти, ґрунти, вивчення забруднення атмосферного повітря і водних об'єктів.

1.3. В сучасний період визначився перелік основних антропогенних джерел забруднення атмосфери: транспорт, енергетика, промисловість з нафтопереробкою, переробка і знищення відходів. Крім того, розглядають і природні джерела.

Розрізняють первинні і вторинні забруднювачі атмосфери. В складі первинних забруднювачів: CO, CO₂, SO₂, NO, C_xN_y, аерозолі, свинець, бенз-а-пірен; вторинні забруднювачі утворюються внаслідок атмосферних реакцій, в їх числі: NO₂, SO₃, HNO₃, H₂SO₄, H₂O₂, NO₃, SO₄, O₃, пероксиди азоту і вуглецю. В атмосфері відбуваються фізичні процеси: сухе осадження, всередині – хмаринне вимивання і конденсація, підхмарне вимивання, вимерзання у високих шарах тропосфери. Хімічне і фізичне перетворення відбувається у потоках перенесення (Global pollution. Problems for the 1990s Howard Bridgman. 1990 Belhaven Press. London). Закономірності процесів перенесення в атмосферному повітрі і водному середовищі розглянуто в джерелах [2; 3; 6, 26]. Рух середовища розглядається як турбулентний, в якому визначальними факторами є: перенесення із середньою швидкістю, турбулентне перемішування і вплив температури на дифузійний коефіцієнт. розподілення концентрацій базується на рівнянні перенесення домішок у диференційній формі для одичної фіксованої маси. Також підхід у випадку атмосферного перенесення називають теорією градієнтного перенесення або К-теорією.

На основі К-теорії ГГО ім. Воєйкова розроблено методику інженерного розрахунку розсіювання, яка покладена в основу нормативного документа ОНД-86 [7]. Методика дозволяє враховувати форму рельєфу, забудову території.

Нормування забруднення атмосфери ґрунтується на системі гранично допустимих концентрацій – ГДК для виробничої зони і в атмосферному повітрі [3]. Здійснюється нормування шляхом встановлення гранично допустимих викидів (ГДВ) від виробничих джерел [3, 7].

1.4. Речовини, що наявні в атмосфері, визначають як забруднювальні, фактом їх негативного впливу на навколишнє середовище. Забруднювачі повітря впливають на здоров'я людей, тварин, рослини, матеріали, властивості атмосфери (видимість, опади, в т.ч. кислі, метеоумови в глобальному масштабі, в т.ч. питання озону, глобального потепління) [10]. Здійснення нормативних вимог шляхом обмеження потужності джерел досягається створенням систем очищення викидів, організаційних і технічних заходів. Системи очищення створюються залежно від фізико-хімічних властивостей забруднювачів. Дисперсний склад пилу класифікується за п'ятьма класифікаційними групами, яким відповідають класи пиловловлювачів [3; 10; 11]. У різних класах пиловловлювачів використовують різні механізми: гравітаційний, інерційний, дифузійний, електричний. Найпоширеніші пиловловлювачі – пилоосаджувальні камери. Вони забезпечують осадження пилових часток з розмірами і масою, для яких час осадження по висоті камери відповідає часу горизонтального руху запиленого потоку по довжині.

Найпоширеніші пиловловлювачі – циклони – різного призначення [10; 11]. Інтенсифікація механізму пиловловлювання досягається використанням водяної плівки на поверхнях осадження аерозольних часток (циклони з водяною плівкою, пиловловлювачі, вентиляційні мокрі-ПВМ). Якщо пил – цінний високодиспергований продукт, то він повертається до корисного використання після рукавних і електричних фільтрів. Складним завданням є очищення відкидних газів від газоподібних забруднювачів. Використовуються різні методи: абсорбція (розчинення забруднювальних компонентів у рідинній фазі), адсорбція (поглинання компонентів – забруднювачів поверхнею адсорбентів – активоване вугілля та ін.), конденсація (переведення з газової фази в рідинну), хімічне перетворення (з переведенням газових речовин у нерозчинний осад або в безпечні компоненти), термічне (в т.ч. термокatalітичне) знешкодження, біологічне очищення (на поверхнях носіїв організмів). Організаційні заходи фізичного типу в атмосфері проводять на підприємствах за конкретних умов. Рекомендована структура діяльності представлена в джерелі [8; 21] і закріплюється як додаток до проекту ГДВ для кожного підприємства.

Джерела забруднення водних об'єктів досить різноманітні: стічні води різних категорій (побутові, промислові, атмосферні), змив добрив, пестицидів і гербіцидів із сільськогосподарських угідь, скид забруднювачів з різних плаваючих засобів, вимивання різних речовин поїм під час повені, миття транспортних засобів на берегах та ін. [2; 15].

Формування якості води у водному об'єкті здійснюється під впливом природних і антропогенних факторів. Кількість забруднень у воді водного об'єкта визначається концентрацією цієї речовини в одиниці об'єму і вимірюється в мг/л або г/м³. Використання води водних об'єктів регулюється Водним кодексом України [12; 15]. У Водному кодексі визначено основні правила користування водними об'єктами, організації, які відповідають за стан, обов'язки водокористувачів, порядок подання дозволу на спецводокористування, відповідальність за порушення, міжнародні відносини за сумісного користування водними об'єктами. Умови скиду стічних вод у водні об'єкти рекомендуються санітарними нормами, в яких визначені категорії водокористування і вимоги до води водного об'єкта після скиду в нього стічних вод, вимоги до стічних вод, що скидаються.

Згідно з санітарними нормами, всі забруднювачі розділені на групи згідно з лімітуючим показником шкідливості (ЛПШ): загально-санітарний, санітарно-токсикологічний, токсикологічний, органолептичний і риболовний. Для кожної групи визначено гранично допустиму концентрацію з відповідним класом шкідливості: 1 – надзвичайно шкідливі; 2 – шкідливі; 3 – не дуже шкідливі; 4 – помірно шкідливі. Враховуючи адитивність забруднень одного і того ж ЛПШ, необхідно дотримуватись у контрольному отворі для речовин одного і того ж ЛПШ виконання умови:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1,$$

де C_i – концентрація i -ої шкідливості в скиді, мг/л;

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація цієї ж шкідливості, мг/л.

Під час визначення необхідного ступеня очистки стічних вод враховують процеси самоочищення у природних водоймах, які пов'язані з розбавленням стічних вод водою водойми, фізико-хімічними процесами, життєдіяльністю рослинного і тваринного світу водойми. Процеси розповсюдження домішок у воді проточної водойми описують рівнянням турбулентної дифузії. Основною метою розв'язання цього рівняння є визначення коефіцієнта змішування γ , який показує, яка частка води річки змішується зі стічними водами [13; 14; 15]. Числовий метод розв'язання дозволяє отримати розповсюдження забруднень у плані і визначити, коли струмінь стічних вод досягне протилежного берега, або створ, де концентрації забруднень вирівнюються. Застосування цього методу дозволяє отримати також об'ємне розповсюдження забруднень у непероточній (або слабодвижучій) воді. Коефіцієнт γ називають методом Фролова-Родзіллера, який побудований на напівемпіричному розв'язанні рівняння турбулентної дифузії. Визначивши коефіцієнт γ , розраховують необхідний ступінь очистки стічних вод за інтегральними показниками і для окремих забруднювачів. Згідно з визначеним ступенем очистки

стічних вод вибирають технологічну схему очистки, розраховують споруди, апарати і пристрої, які забезпечать необхідний ефект очистки [13; 14; 15]. Основні методи очистки стічних вод поділяють на: очистку в близьких до природних умовах, на штучно створених спорудах.

Для вилучення зі стічних вод завислих речовин застосовують споруди механічної очистки. До них відносять решітки, пісковловлювачі, первинні відстійники. Для вилучення зі стічних вод речовин органічного походження використовують очистку за допомогою мікроорганізмів, тобто біохімічну. Споруди біохімічної очистки можна розділити на споруди з прикріпленими до інертного носія мікроорганізмами – біологічні фільтри, споруди з плаваючими мікроорганізмами – активним мулом. Для вилучення зі стічних вод надлишкової біоплівки й активного мулу влаштовують вторинні відстійники. Після споруд повної біохімічної очистки, за необхідності, передбачають споруди глибокої очистки стічних вод, які базуються на фізико-хімічних або біологічних методах в природних умовах (біологічні ставки, біоплато). Перед скидом очищених стічних вод у водні об'єкти їх знезаражують хлором або озоном. Вилучені зі стічних вод забруднення у вигляді крупних викидів (по решітках), піску (на пісковловлювачах), сирий осад (у первинних відстійниках), надлишковий активний мул або біоплівка (на вторинних відстійниках) обробляють в спеціальних спорудах. Використовують різні споруди, які дозволяють направити очищені стічні води на виробництво або скидати у міську мережу водовідведення і далі на міські очисні споруди. Корисні домішки, які вилучені зі стічних вод, утилізують [2; 3; 16]. Підземні води використовують для господарсько-питного водопостачання і в харчовій промисловості, де вони є сировиною.

Використання підземних вод для потреб виробництва, в яких вода не є сировиною, заборонено. Використання підземних вод для цілей водопостачання виснажує водні горизонти і виникає необхідність їх поновлення. Поновлення підземних горизонтів здійснюється очищеними поверхневими водами або стічними після їх глибокої очистки. Для цього влаштовують фільтрувальні басейни або поглинаючі свердловини.

Для відновлення якості водойм застосовуються комплексні методи регулювання усіх скидів стічних вод у басейни річки з визначенням витрат і якості вод.

Для поліпшення кисневого режиму використовують аерацію. Відновлення якості пов'язані зі значними витратами коштів і застосуванням складних інженерних та організаційних заходів. Найбільш поширеними є розчищення ложа русла і берегів, поновлення рослинного розмаїття по берегах річок і водойм, заборона розорювання земель до урізу води, організація захисних зон по берегах водойм згідно з Водним кодексом України [12]. Методи охорони ґрунтів та надр.

Природні процеси в ґрунтах відбуваються дуже повільно впродовж десятків або сотень років і тому природна здатність до самоочищення не може бути основною у процесі здійснення охоронних заходів. Ґрунтові забруднення у вигляді окремих хімічних компонентів потрапляють у рослини і далі по трофічному ланцюгу – до домашніх тварин і людини.

Коли захоронюють різні токсичні відходи, неможливе або економічно недоцільне їх знешкодження і переробка, влаштовують спеціальні полігони, конструкція яких має бути довговічною й унеможливлувати проникнення цих речовин у ґрунт [1; 3].

Тверді відходи виробництва підлягають сортуванню і первинній переробці з метою їх утилізації і використання як вторинної сировини [1; 3]. Переробка і знешкодження побутового сміття пов'язані з великими енергетичними витратами під час спалювання у спеціальних печах.

Накопичення сміття на звалищах (полігонах твердих побутових відходів) потребує виділення значних площ і є ще одним джерелом небезпеки – виникнення і накопичення фільтрату, від якого необхідно захищати як поверхню Землі, так і глибинні шари.

Концентрація токсичних речовин у фільтраті дуже висока і тому виникає необхідність збору і знешкодження фільтрату на спеціальних окисних станціях із застосуванням складного обладнання. Концентрат, який утворюється на таких станціях, підлягає також складній і високовартісній переробці. В Німеччині, наприклад, концентрат випаровують, а твердий залишок підлягає захороненню. Заслугує на увагу досвід переробки твердих побутових і промислових відходів, запроваджений у Японії [3]. Зараз великою проблемою є ерозія ґрунтів. Крім природної ерозії велике значення мають антропогенні процеси. Для визначення комплексу протиерозійних заходів основним є організація регулярних спостережень, вивчення і аналіз причин, прогнозування природних процесів і антропогенних впливів. Рекультивация і поновлення родючості ґрунтів складається з двох етапів: гірськотехнічного і біологічного. Для країни, що має ядерний циродвї застосування АЕС, енергетичні відходи важливим радіоактивних відходів. Запобігання забрудненню ґрунтів, вод, надр досягається різноманітними інженерними засобами, такими як: бетонування основ, поверхневе асфальтування і укриття плівкою, сплавлення високоактивних відходів зі скломасою з подальшим укладанням у міцні і хімічно стійкі контейнери для захоронення.

Для вилучення радіоактивних домішок зі стічних вод і вентиляційних викидів застосовують досить складні технології.

Використання викопних паливно-енергетичних і сировинних ресурсів породжує багато негативних явищ у біосфері і безпосередньо впливає на людину.

Сучасний стан розвитку технологічних процесів дозволяє переробляти “пусту породу” з метою отримання цінних речовин.

Закладання відпрацьованих порожнин пустою породою. Важливе значення для збереження копалин має комплексне й ефективне їх використання, пошук нетрадиційних джерел енергії [3; 5].

1.7. Охорона рослинних ресурсів

Рослинний покрив – найважливіша частина біосфери, яка визначає її стан і процеси в ній. Біомаса рослин становить основну частину загальної біопродуктивності біосфери. Для виробництва продуктів харчування людство використовує тільки 0,1% приросту біомаси океану, 0,02% – біомаси лісів і 0,09% – біомаси луків і степів.

Життя на Землі обумовлено безперервним процесом фотосинтезу, який здійснюється в зеленій частині рослин. Рослини сприяють кругообігу речовин у біосфері, який є важливим компонентом біогеоценозу, сприяють формуванню ґрунтового покриву, впливають на хімізм ґрунту і його родючість. Рослинні спільноти мають ґрунтозахисне, водоохоронне, повітроочисне, кліматорегулююче, санітарно-гігієнічне і культурно-естетичне призначення. Як природний ресурс на першому місці стоять ліси. Ліси – легені планети. Рациональне використання лісів, їх охорона, базуються на якісному лісовому кадастрі, генеральному плані лісних меліорацій, а також на комплексному використанні лісових ресурсів.

Основні шляхи раціонального використання і поновлення лісів: економне і повне використання деревини; науково обґрунтований розрахунок і розподілення лісового фонду; захист лісу від хвороб і шкідників, лісових пожеж; дотримання норм і правил вирубки лісу; підтримання лісистості території на досягнутому рівні; поновлення корінних лісів. Охорона в процесі експлуатації [16].

Тваринний світ відіграє велику роль в утворенні ґрунту, формуванні хімічного складу підземних і ґрунтових вод, в утворенні приземної атмосфери. З участю тварин створюються різноманітні ландшафти. Тварини в житті людини – це важливе джерело харчування і технічної сировини для сільськогосподарства і інших видів тварин обумовлена двома головними чинниками: антропогенні зміни умов існування популяцій, видів або цілих груп, а також безпосереднє знищення або розселення деяких видів. Головні дії діяльності з охорони і відтворення тваринного світу:

- розроблення низки законів, що регулюють і регламентують експлуатацію тваринного світу та його охорону [2];
- відтворення сприятливих екологічних умов для збільшення кількості вимираючих видів;
- усунення можливості забруднення водойм, лісів, ґрунтів, атмосферного повітря антропогенними викидами;
- відтворення тваринного світу на базі новітніх досягнень науки [16].

1.9. Охорона ландшафтів.

Ландшафт – це ділянки суходолів, в межах яких усі природні компоненти (гірські породи, рельєф, клімат, води, ґрунти, рослинність, тваринний світ) утворюють взаємопов'язану і взаємообумовлену єдність.

Залежно від характеру розповсюдження, природні ландшафти звичайно розділяють на зональні, інтразональні, екстрозональні та азональні. Діяльність людини породила якісно нові ландшафти – антропогенні.

Охорона природи – це охорона природних ландшафтів.

Створення оптимальних антропогенних ландшафтів – основне завдання комплексної проблеми охорони природи.

Заповідна справа пов'язана зі створенням заповідників, національних і природних парків, заказників, резерватів, пам'яток природи тощо, а також законів, які регламентують їх існування.

Розрахунки, загальні висновки, таблиці, графік розташовуємо на аркуші А4. Обсяг роботи становить 10-15 сторінок.

2. ОСНОВИ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ ВІД ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

2.1. Еколого-економічна оцінка технологічних схем очищення вентиляційних викидів

Схему захисту атмосфери від шкідливих речовин зображено на рис. 2.1.

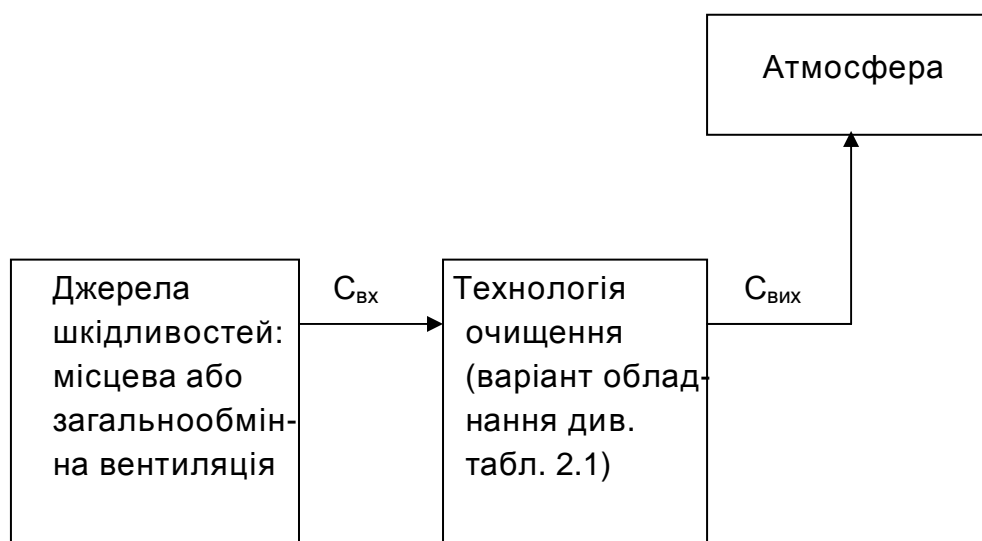


Рис. 2.1. Схема захисту атмосфери

Екологічно-економічне співставлення схем очищення проводять у процесі аналізу збитків, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища за формулою:

$$Y = Z + Y', \quad (1)$$

де Y – загальні збитки, тис. грн/рік; Z – зведені витрати на попередження забруднення повітряного середовища, тис. грн/рік; Y' – збитки внаслідок забруднення залишковими викидами, тис. грн/рік.

Зведені витрати визначають за формулою:

$$З = E + П, \quad (2)$$

де E – річні експлуатаційні витрати, тис. грн., які включають:

- витрати на воду, паливо, електроенергію, що використовуються у технологічних схемах;
- витрати на хімічні реактиви та інші матеріали, необхідні для очищення забрудненого повітря, що видаляється;
- витрати на проведення поточного ремонту обладнання.

П – амортизаційні відрахування на відновлення обладнання.

Таблиця 2.1

Типи обладнання для очищення атмосфери від шкідливих речовин

№ технологічної схеми	Тип обладнання	Аеродинамічний опір пиловловлювача, ΔP , Па	Ефективність очищення пиловловлювача, η , %	Коефіцієнт експлуатаційних витрат, \bar{K}	Питома вартість обладнання, $K_{\text{пит}}, \frac{\text{тис.грн.}}{\text{тис м}^3 \text{год}^{-1}}$
1	2	3	4	5	6
I	Інерційний пиловловлювач типу ЦН	400	80	1,2	0,262
II	Пиловловлювач типу	1200	85	3	0,74
III	Ручний фільтр типу ФР	2000	90	6	7,8
IV	Електрофільтр	150	95	12	13,24
V	Двоступенева система очищення (циклон ЦН і електрофільтр)	550	99	13,2	13,502

)

Таблиця 2.2

Структурована схема розрахунків загальних збитків за варіантами обладнання

$$Y = Z + Y'$$

Зведені витрати на попередження забруднення повітряного середовища $Z = E + \Pi$		Щорічна плата на компенсацію збитків від залишкового $U_{\text{вн}} \cdot K_{\text{дм}}'$
Експлуатаційні витрати	Амортизаційні витрати	$j = 2,2$ грн/умовн.т $\sigma = 0,1 \cdot n_{\text{ш}}$ f - стор. 30 $M' = A \cdot M$ $M = M_c \cdot 3,6 \cdot \tau \cdot 10^{-3}$
$E = N \tau B \bar{K}$	$\Pi = E_n \cdot K$ $E_n = 0,16$ $K = 3,6 \cdot L \cdot K_{\text{нум}}$	
E в табл. 2.3, колонка 4 за варіантами	Π в табл. 2.3, колонка 6 за варіантами	Y' в табл. 2.3, колонка 11 за варіантами

Результати розрахунків за варіантами заносимо в табл. 2.3.

Загальні збитки Y за варіантами колонка 12.

Співставлення варіантів I-II-III-IV-V здійснюється в результаті побудови графіка (див. рис. 3.1). Оскільки всі складові річних експлуатаційних витрат врахувати складно, проводимо розрахунок E , базуючись на витратах електроенергії з використанням коефіцієнта \bar{K} , який відображає складність технології очищення (див. табл. 2.1).

Тоді річні експлуатаційні витрати визначають за формулою:

$$E = N \tau B \bar{K}, \quad (3)$$

де N – потужність двигуна вентилятора, який використовується для подолання аеродинамічного опору обладнання, кВт:

$$N = \frac{L \cdot \Delta P}{1020 \cdot \eta_e \cdot \eta_n}, \quad (4)$$

де L – продуктивність системи, м³/с (вибираємо за варіантом РГВ, додаток табл. 4);
аеродинамічний опір пиловловлювача, Па (див. табл. 2.1);

η_g – к.к.д. вентилятора, у розрахунках $\eta_g = 0,8$;

η_n – к.к.д. передачі електродвигуна на вентилятор, у розрахунках $\eta_n = 0,95$;
коefficient вартості електроенергії для промислових підприємств, $B = 0,45$ грн/кВт · год;

τ – кількість годин роботи обладнання протягом року, год., для однозмінної роботи $\tau = 2400$ год., для двозмінної – 4 800 год., кількість змін роботи вибираємо за варіантом РГВ.

Щорічні амортизаційні відрахування на відновлення обладнання визначають за формулою:

$$\Pi = E_n \cdot K, \quad (5)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт відрахувань від капітальних вкладень, у розрахунку $E_n = 0,16$;

K – капітальні витрати на улаштування газоочисної системи, знаходимо за виразом:

$$K = 3,6 \cdot L \cdot K_{пит}, \quad (6)$$

де $K_{пит}$ – питомі капітальні витрати, віднесені до 1000 м³/год повітря, яке очищається від пилу (див. табл. 2.1).

Відповідно до [19], зведені витрати на компенсацію збитків внаслідок промислового забруднення повітряного середовища шкідливими викидами визначаємо за формулою:

$$Y' = j\sigma fM', \quad (7)$$

де j – питомі збитки від викидів у повітряне середовище умовної тони забруднювальної речовини, у розрахунках $j = 2,2$ грн/умовн.т;

σ – безрозмірний показник відносної небезпечності забруднення повітря над різними територіями.

Для населеного пункту σ визначають залежно від щільності населення $n_{щ}$ за формулою:

$$\sigma = 0,1 \cdot n_{щ}, \quad (8)$$

де $n_{щ}$ – щільність населення чол./га;

f – безрозмірний поправочний коефіцієнт на характер розповсюдження шкідливих речовин в атмосфері.

Еколого-економічна оцінка технологічних схем очищення вентиляційних пилових викидів

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I												
II												
III			*									
IV			**									
V												

Примітки:

* Під час використання ел. фільтрів враховується додатково потужність на створення ел. поля.

** Сума витрат на ел. енергію за I і IV схемами.

Значення f залежить від коефіцієнта очистки обладнання η , %:

$$\text{за } 70 \leq \eta \leq 90\% \quad f = \left(\frac{1000}{60 + \varphi \cdot H} \right)^{1/2} \cdot \frac{4}{1 + u}; \quad (9)$$

$$\text{за } \eta > 90\% \quad f = \frac{100}{100 + \varphi \cdot H} \cdot \frac{4}{1 + u}; \quad (10)$$

$$\text{за } \eta < 70\% \quad f = 10,$$

де H – геометрична висота гирла джерела викиду шкідливих речовин над місцевістю;

u – середньорічне значення модуля швидкості вітру на рівні флюгера, м/с, у розрахунках $u = 3$ м/с;

φ – безрозмірна поправка на тепловий підйом факела викиду в атмосферу, визначається формулою:

$$\varphi = 1 + \Delta t / 75, \quad (11)$$

де Δt – середньорічне значення різниці температур у гирлі джерела і в навколишньому середовищі на рівні гирла, °С, тобто

$$\Delta t = t_{\text{газу}} - t_{\text{ext}}, \quad (12)$$

де t_{ext} – температура навколишнього повітряного середовища за параметрами A для теплого періоду року [18];

M' – зведена маса річного викиду забруднювальної речовини із джерела, умов. т/рік, яка визначається за формулою:

$$M' = A \cdot M, \quad (13)$$

де A – показник відносної агресивності речовини, умовн. т/т (дод. табл. 4);

M – валовий викид речовини т/рік.

З урахуванням секундного викиду, кількості годин роботи вентиляційного обладнання за рік, валовий викид визначають за формулою:

$$M = M_c \cdot 3600 \cdot \tau \cdot 10^{-6}, \quad (14)$$

де M_c – секундний викид, г/с.

Секундний викид шкідливої речовини в атмосферу визначають так:

$$M_c = L \cdot C_{\text{вих}}, \quad (15)$$

де $C_{\text{вих}}$ – концентрація шкідливих речовин на виході з очисного обладнання г/м³;

$$C_{\text{вих}} = C_{\text{вх}} \cdot (1 - \eta), \quad (16)$$

де $C_{\text{вх}}$ – концентрація шкідливої речовини на вході в пилоочисне обладнання г/м³; η – коефіцієнт повної очистки пилоочисного обладнання, в частках одиниці. Аналітична оцінка очищення вентиляційних пилових викидів виконується для п'яти технологічних схем.

Розрахунки зводять в таблицю для заданих п'яти схем очищення вентиляційних пилових викидів (див. табл. 2.3). Оптимальною схемою очищення пилових викидів є схема, яка має мінімальні загальні збитки У.

2.2. Розрахунок забруднення атмосфери внаслідок розсіювання шкідливих речовин

2.2.1. Загальні положення

Розрахунок забруднення атмосфери викидами джерел промислових підприємств проводять на основі "Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий" [7].

Під час встановлення гранично допустимих викидів концентрація кожної шкідливої речовини в приземному шарі атмосфери C не повинна перевищувати максимальної разової гранично допустимої концентрації даної речовини в атмосферному повітрі (ГДК), тобто

$$C \leq \text{ГДК}. \quad (17)$$

За наявності в атмосфері декількох (n) шкідливих речовин, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати одиниці:

$$q = \frac{C_1}{\text{ГДК}} + \frac{C_2}{\text{ГДК}} + \dots + \frac{C_n}{\text{ГДК}} \leq 1. \quad (18)$$

За сукупності джерел викиду вклади цих джерел можуть враховуватись у розрахунках забруднення атмосфери шляхом використання фонові концентрації $C_{\text{ф}}$, мг/м³, яка для окремого джерела викиду характеризує забруднення атмосфери в місті чи іншому населеному пункті, яке створюється іншими джерелами, виключаючи даний.

Фонову концентрацію визначають на основі даних спостережень за забрудненням атмосфери місцеві органи Держкомгідромету.

Фонова концентрація встановлюється або єдиним значенням по місту або, у випадку виявлення суттєвої змінності, диференційовано на території міста, а також за градаціями швидкості і напрямку вітру.

2.2.2. Врахування фонових концентрацій під час розрахунків забруднення атмосфери

Під час розрахунків для діючих і реконструйованих джерел використовується значення фонові концентрації $C'_ф$, яка є фонові концентрацією $C_ф$, із якої виключено вклад розглядуваного джерела.

Значення $C'_ф$ визначається за формулою:

$$C'_ф = C_ф \left(1 - 0,4 \frac{C}{C_ф} \right) \quad \text{за } C \leq 2C_ф \quad (19)$$

або

$$C'_ф = 0,2C_ф \quad \text{за } C > 2C_ф, \quad (20)$$

де C – максимальна розрахункова концентрація від даного джерела для точки розташування поста, на якому встановлюється фон, мг/м³.

Для джерел викидів промпідприємств, що проектується:

$$C'_ф = C_ф. \quad (21)$$

З урахуванням викладеного, умова (17) набуває вигляду:

$$C \leq \text{ГДК} - C_ф. \quad (22)$$

2.2.3. Розрахунок забруднення атмосфери викидами одиночного джерела

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини $C_м$, мг/м³, під час викиду газоповітряної суміші із одиночного джерела з круглим гирлом досягається за несприятливих метеорологічних умов на відстані $X_м$, м від джерела і визначається за формулою (для гарячого джерела):

$$C_м = \frac{AM_c Fmn\eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{L\Delta T}}, \quad (23)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери; M_c – маса шкідливої речовини, яка викидається в атмосферу за одиницю часу, г/с;

F – безрозмірний коефіцієнт, який враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

m, n – коефіцієнти, які враховують умови виходу газоповітряної суміші із гирла джерела викиду;

H – висота джерела викиду над рівнем землі, м, (для наземних джерел за $H = 2$ м);

η – безрозмірний коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості, у випадку рівної або слабгористої місцевості з перепадом висот, який не перевищує 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, t_r і температурою навколишнього атмосферного повітря t_b , для теплого періоду року $t_b = t_{extA}$, а для холодного – $t_b = t_{extB}$ [18], °C; якщо $\Delta T \geq 20$ °C – «гаряче» джерело, $\Delta T < 20$ °C – «холодне» джерело.

L – витрата газоповітряної суміші, яка визначається за формулою, м³/с:

$$L = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \bar{w}_o, \quad (24)$$

де D – діаметр гирла джерела викиду, м;

\bar{w}_o – середня швидкість виходу газоповітряної суміші із гирла джерела викиду, м/с.

Значення коефіцієнта A , який характеризує несприятливість метеорологічних умов для розсіювання: для розташованих в Україні джерел висотою менше 200 м в зоні від 50 до 52° пн. ш. – 180, південніше 50° пн. ш. – 200, північніше 52° пн. ш. – 160.

Потужність викиду шкідливої речовини M_c , г/с і витрата газоповітряної суміші L , м³/с під час проектування підприємств визначаються розрахунком у технологічній частині проекту, а в розрахунках вправи – відповідно до варіанта завдання (додаток табл. 1).

Значення безрозмірного коефіцієнта F беруть залежно від типу речовини, яка викидається, а також від ефективності пилоочисного обладнання: для подібних шкідливих речовин і малодисперсних аерозолів (пил, сажа і т. д.) – 1;

– для малодисперсних аерозолів (крім вказаних раніше) за середнього експлуатаційного коефіцієнта очищення викидів не менше 90% – 2; від 75 до 90% – 2,5; менше 75% і за відсутності очищення – 3.

Значення коефіцієнтів m і n визначають залежно від параметрів f, V_M, V'_M і f_e :

$$f = 1000 \frac{\bar{w}_o^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (25)$$

$$v_M = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{L \cdot \Delta T}{H}}; \quad (26)$$

$$v'_M = 1.3 \cdot \frac{\bar{\omega}_o \cdot D}{H}; \quad (27)$$

$$f_e = 800 \cdot (v'_M)^3. \quad (28)$$

Коефіцієнт m визначають залежно від параметра f за формулами:

$$\text{за } f < 100 \rightarrow m = \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot f^{1/2} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}}; \quad (29)$$

$$f \geq 100 \rightarrow m = \frac{1.47}{\sqrt[3]{f}}. \quad (30)$$

Для значень параметра f у межах $f_e < f < 100$ коефіцієнт m визначають за формулами (29) і (30) за $f = f_e$.

Коефіцієнт n визначають залежно від параметра v_M за формулами:

$$\text{за } v_M \geq 2 \quad n = 1; \quad (31)$$

$$\text{за } 0,5 \leq v_M < 2 \quad n = 0,532 \cdot v_M^2 - 2,13v_M + 3,13; \quad (32)$$

$$\text{за } v_M < 0,5 \quad n = 4,4v_M. \quad (33)$$

За значення параметра $f \geq 100$ або $\Delta T = 0$ коефіцієнт n визначається за формулами (31) – (33), в яких $v_M = v'_M$.

За значення параметра $f \geq 100$ і $v'_M \geq 0,5$ (холодне джерело викиду) розрахунок максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини C_M , мг/м³, проводять за формулою:

$$C_M = \frac{A \cdot M_c \cdot F \cdot n \cdot \eta}{7,1 \cdot H^{3/4} \cdot \sqrt{\bar{\omega}_o \cdot L}}, \quad (34)$$

складовими якої є аналогічні складові формули (39), але коефіцієнт n визначається за формулами (31) – (33) за $v_M = v'_M$.

За значення параметра $f < 100$ і $v_M < 0,5$, або $f \geq 100$ і $v'_M < 0,5$ (випадки надто малих небезпечних швидкостей вітру) розрахунок C_M проводять за формулою:

$$C_M = \frac{A \cdot M_C \cdot F \cdot m' \cdot \eta}{H^{7/3}}, \quad (35)$$

де параметр m' визначається:

$$\text{за } f < 100 \text{ і } v_M < 0,5 \quad m' = 2,86m; \quad (36)$$

$$\text{за } f \geq 100 \text{ і } v'_M < 0,5 \quad m' = 0,9m; \quad (37)$$

причому m у формулі (36) визначається за залежністю (29).

Відстань X_M , м від джерела викиду, на якій приземна концентрація C , мг/м³ за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення C_M і визначається за формулою:

$$X_M = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (38)$$

де d – безрозмірний коефіцієнт, який визначають залежно від значення параметра f за формулами:

за $f < 100$

$$v_M \leq 0,5 \quad d = 2,48 \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}); \quad (39)$$

$$0,5 < v_M \leq 2 \quad d = 4,95v_M \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}); \quad (40)$$

$$v_M > 2 \quad d = 7\sqrt{v_M} \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}); \quad (41)$$

за $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 0$:

$$v'_M \leq 0,5 \quad d = 5,7; \quad (42)$$

$$0,5 < v'_M \leq 2 \quad d = 14 \cdot v'_M; \quad (43)$$

$$v'_M > 2 \quad d = 18 \cdot v'_M. \quad (44)$$

Значення небезпечної швидкості U_M , м/с на рівні флюгера (беруть на висоті 10 м від рівня землі), за якої досягається найбільше значення приземної концентрації шкідливих речовин C_M , розраховується за формулами:

$$v_M \leq 0,5 \quad U_M = 0,5; \quad (45)$$

$$0,5 < v_M \leq 2 \quad U_M = v_M; \quad (46)$$

$$v_M > 2 \quad U_M = v_M(1 + 0,12\sqrt{f}); \quad (47)$$

за $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 0$:

$$v'_M \leq 0,5 \quad U_M = 0,5; \quad (48)$$

$$0,5 < v'_M \leq 2 \quad U_M = v'_M; \quad (49)$$

$$v'_M > 2 \quad U_M = 2,2v'_M. \quad (50)$$

За необхідності розв'язання зворотних задач, продуктивність викиду M_C і висоту джерела H , які відповідають заданому рівню максимальної приземної концентрації C_M за інших фіксованих параметрів викиду, знаходять наступним чином.

Маса шкідливої речовини M_C г/с, яка викидається із джерела в атмосферу за одиницю часу і відповідає заданому значенню максимальної концентрації C_M мг/м³, визначається за формулою:

$$M_C = \frac{C_M H^2}{AFmn\eta} \sqrt[3]{L\Delta T}. \quad (51)$$

У випадку, коли $f \geq 100$ або $\Delta T \cong 0$:

$$M_C = \frac{C_M H^{4/3}}{AFmn\eta} \times \frac{8L}{D}. \quad (52)$$

Висоту джерела H , м, яка відповідає заданому значенню C_M , для випадку $\Delta T \cong 0$ визначають за формулою:

$$H = \left(\frac{AM_C FD\eta}{8LC_M} \right)^{3/4}, \quad (53)$$

де припустиме значення $C_M \leq \text{ГДК} - C_\phi$.

Якщо значенню H , знайденому за формулою (53), відповідає умова $v'_M \geq 2$, розрахована за формулою (27), то отримане значення H є остаточною. Якщо значенню H , яке визначене за формулою (53), відповідає умова $v'_M < 2$, то H уточнюється методом послідовних наближень за формулою:

$$H_i = H \left(\frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{3/4}, \quad (54)$$

де n_i і n_{i-1} – значення визначеного за формулами (31) – (33) коефіцієнта n , отримані відповідно за значеннями H_i і H_{i-1} (за $i = 1$ у формулі (54) беруть $n_0 = 1$, а значення H визначається за формулою (53).

Формули (53), (54) використовують також для визначення H за $\Delta T > 0$.

Якщо при цьому виконується умова $H \leq \varpi_0 \sqrt{\frac{10 \cdot D}{\Delta T}}$, то знайдене значення H є точним і остаточним. Якщо ж $H > \varpi_0 \sqrt{\frac{10 \cdot D}{\Delta T}}$, то для визначення попереднього значення висоти H використовується формула:

$$H = \sqrt{\frac{AM_c F \eta}{C_M \sqrt[3]{L \Delta T}}}. \quad (55)$$

За значеннями H визначаються параметри f, v_M, v'_M, f_e за формулами (25) – (28) і встановлюють у першому наближенні добуток коефіцієнтів m і n . Подальше уточнення значення H виконують за формулою:

$$H_i = H \sqrt{\frac{m_i n_i}{m_{i-1} n_{i-1}}}, \quad (56)$$

де коефіцієнти m_i і n_i , відповідають H , а m_{i-1} і n_{i-1} , – H_i , якщо $i = 1$ беруть $m_0 = n_0 = 1$, а H_0 визначають за формулою (56).

Для кожного джерела радіус зони впливу на навколишнє середовище розраховується як найбільша із двох відстаней від джерела X_1 і X_2 , де $X_1 = 10 \cdot X_M$, а величина X_2 визначається як відстань від джерела, починаючи з якого $C \leq 0,05 \text{ГДК}$.

Якщо висота труби (викиду), розрахована за формулами (53) і (55), перевищує 40 м, то цей варіант неприйнятний і розрахунок C_M виконується за висоти викиду $H = 40$ м з наступним встановленням гранично допустимого викиду за зменшеним значенням M_c , на основі поліпшення основної технології або збільшення коефіцієнта очищення.

2.2.4. Встановлення гранично допустимих викидів

Згідно із Законом України «Про охорону атмосферного повітря» [21] нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) забруднювальних речовин встановлюють з метою дотримання нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря.

Для стаціонарних джерел розробляють ГДВ на одиницю маси за одиницю часу або на одиницю продукції чи сировини. Крім того встановлюються технологічні нормативи допустимих викидів з визначенням їх у місці виходу з устаткування.

Знайдений нами показник M_C , г/с, який пов'язаний з неперевищенням концентрації забруднених речовин у приземному шарі атмосфери, коли $C_M \leq \text{ГДК} - C_\phi$, і за умови, що X_M лежить в межах санітарно-захисної зони, може вважатися технологічним нормативом допустимого викиду.

За наявності інформації про продуктивність виробництва і з урахуванням подібних забруднень від інших джерел може бути встановлений і норматив ГДВ на одиницю продукції чи сировини.

Таким чином, технологічний ГДВ (Т ГДВ) дорівнює M_C :

$$T \text{ ГДВ} = M_C.$$

2.2.5. Встановлення меж санітарно-захисної зони підприємства

Розміри санітарно-захисної зони (СЗЗ) $l_0(m)$ встановлюються для підприємства залежно від категорійності промислово-технологічного виробництва санітарними нормами [9].

Нормативні значення СЗЗ порівнюються зі значеннями X_M , визначеними за формулою (38) з подальшим аналізом умови $C_M \leq \text{ГДК} - C_\phi$ на межі СЗЗ. З урахуванням середньорічної рози вітрів для різних напрямків вітру уточнюються розміри СЗЗ за формулою:

$$l = l_0 \cdot \frac{P}{P_0}, \quad (57)$$

де l_0 – нормативний розмір СЗЗ, в даному напрямку, де концентрація шкідливих речовин від інших джерел перевищує ГДК, м;

P_0 – середньорічна повторюваність напрямку вітрів румба, %;

P – повторюваність напрямку вітрів одного румба за колової рози вітрів для восьмирумбової рози:

$$P_0 = \frac{100}{8} = 12,5\%.$$

Значення l і l_0 відкладаються від межі джерела.

3. ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ ВПРАВИ (РГВ)

Розрахунково-графічна вправа виконується студентом відповідно до варіанта завдання за додатком табл. 1 з урахуванням положень розділу 2 рекомендованих методичних вказівок.

3.1. Початкові дані

1. Місто розташування промислового об'єкта – Бердянськ.
2. Висота джерела викиду $H = 20$ м.
3. Температура викиду пилогазоповітряної суміші $t_2 = 120$ °С.
4. Фонова концентрація шкідливої речовин $C_\phi = 0,2$ мг/м³.

5. Код шкідливої речовини, яка викидається джерелом, 10431, ГДК = 0,4 (див. дод. табл. 2).
6. Клас небезпечності підприємства – III, СЗЗ – 300 м (дод. табл. 3).
7. Продуктивність джерела викиду (витрата пилогазоповітряної суміші) $L = 2,5 \text{ м}^3/\text{с}$.
8. Діаметр джерела на виході $D = 0,5 \text{ м}$.
9. Концентрація шкідливої речовини на вході в пилоочисне обладнання $C_{\text{вх}} = 180 \text{ г/м}^3$.
10. Кількість змін роботи пилоочисного обладнання за добу – 2.
11. Щільність населення $n_{\text{щ}} = 25 \text{ чол/га}$.

3.2. Еколого-економічна оцінка п'яти технологічних схем очищення вентиляційних пилових викидів

За формулою (4) визначаємо потужність вентилятора для першої технологічної схеми очистки з інерційним пиловловлювачем типу ЦН:

$$N = \frac{2,5 \cdot 400}{1020 \cdot 0,8 \cdot 0,95} = 1,29 \text{ кВт.}$$

Для схем 2, 3, 4 і 5 виконують аналогічний розрахунок і заносять у таблицю. За формулою (3) визначаємо річні експлуатаційні витрати:

$$E = 1,29 \cdot 4800 \cdot 0,45 \cdot 1,2 = 3,34 \text{ тис. грн,}$$

де 4800 (год) – кількість годин роботи пилоочисного обладнання за рік за двозмінної роботи.

Щорічні амортизаційні витрати визначають за формулами (5), (6):

$$П = 0,16 \cdot 3,6 \cdot 2,5 \cdot 0,262 = 0,377 \text{ тис. грн.}$$

Зведені витрати визначаємо за формулою (2):

$$З = 0,377 + 3,34 = 3,717 \text{ тис грн.}$$

Безрозмірний показник σ визначаємо за формулою (8):

$$\sigma = 0,1 \cdot 25 = 2,5,$$

де 25 чол/га – щільність населення відповідно до завдання.

Оскільки практична ефективність пиловловлювача знаходиться в межах $70\% \leq \eta < 90\%$ ($\eta = 80\%$ – див. табл. 2.1), то безрозмірний поправочний коефіцієнт визначаємо за формулою (9), попередньо визначивши за формулою (12) – $\Delta t^{OC}C$, а за формулою (11) – безрозмірну поправку на тепловий підйом факела φ :

$$\Delta t = 120 - 25,9 = 94,1^{\circ}C,$$

тоді

$$\varphi = 1 + 94,1/75 = 2,25,$$

а

$$f = \left(\frac{100}{60 + 2,25 \cdot 20} \right)^{1/2} \cdot \frac{4}{1 + 3} = 3,09.$$

Концентрація шкідливої речовини $C_{вих}$ після очищення визначається за формулою (16):

$$C_{вих} = 180(1 - 0,8) = 36 \text{ г/м}^3.$$

Секундний викид шкідливої речовини (пилу абразивно-металевого відповідно до табл. 3 додатку) визначаємо за формулою :

$$M_c = 2,5 \cdot 36 = 90 \text{ г/с.}$$

Валовий викид шкідливої речовини M , т/рік, визначаємо за формулою (14):

$$M = 90 \cdot 3600 \cdot 4800 \cdot 10^{-6} = 1555,2 \text{ т/рік.}$$

З урахуванням показника відносної агресивності A (відповідно до завдання табл. 5 додатку, для пилу абразивно-металевого $A = 29,39$) зведена маса викиду визначається за формулою (13):

$$M' = 29,39 \cdot 1555,2 = 45707 \text{ т/рік.}$$

Зведені витрати на компенсацію збитків внаслідок промислового забруднення повітряного середовища шкідливими викидами визначаємо за формулою (7):

$$Y' = 2,2 \cdot 2,5 \cdot 3,09 \cdot 45707 = 776,8 \text{ тис. грн.}$$

Загальні збитки від забруднення атмосфери визначаємо за формулою (1):

$$Y = 3,717 + 776,8 = 780,5 \text{ тис. грн.}$$

Аналогічний розрахунок виконується для 2, 3, 4 і 5 схем очищення повітряно-пилових викидів. Результати розрахунків заносимо в табл. 2.3. За результатами розрахунків будуємо графік залежностей $Y = f(M')$, $Y' = f(M')$ і $Z = f(M')$ (рис. 3.1).

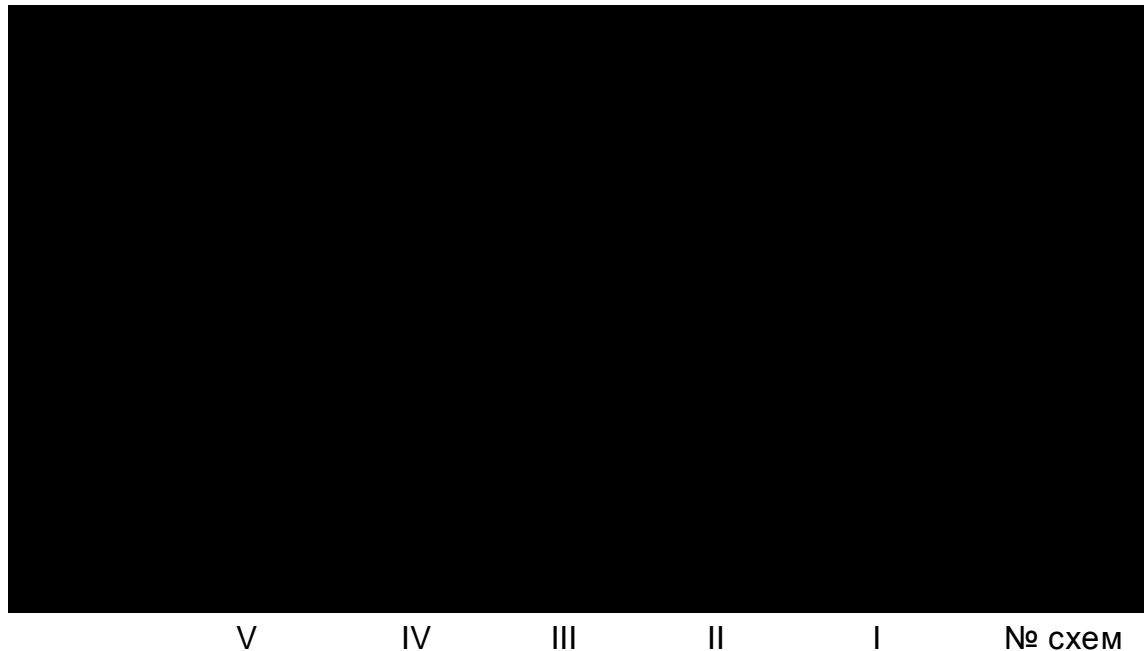


Рис. 3.1. Графічна залежність Y , Y' , Z від M'

Висновок: аналізуючи результати розрахунків (табл. 2.4) і графіки (рис. 3.1), можна зробити висновок, що оптимальним варіантом очищення промислових викидів від абразивно-металевого пилу є технологічна схема очищення з електрофільтром, тому що загальні збитки від забруднення атмосфери $Y = 191,5$ тис. грн за рік, що є мінімальними серед усіх п'яти варіантів.

Еколого-економічна оцінка технологічних схем очищення вентиляційних пилових викидів

Технологічна схема очищення, таблиця №	Продуктивність джерела, L, м ³ /с	Установочна потужність вентилятора системи, N, кВт	Річні експлуатаційні витрати на очищення, E, тис. грн/рік	Капітальні витрати на пило-очисне обладнання, K, тис. грн/рік	Амортизація відрахувань, П, тис. грн/рік	Зведені витрати на по-редження забруднення атмосфери, З, тис. грн/рік	Секундний викид шкідливої речовини в атмосферу, Мс, г/с	Валовий викид речовини за рік, М, т/рік	Зведений викид з урахуванням агресивності, М', ум.т/рік	Зведені витрати на компенсацію збитків, У', тис. грн/рік	Загальні збитки від забруднення атмосфери, У, тис. грн/рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	2,50	1,29	3,340	2,358	0,377	3,717	90,00	1552	45707	776	780,5
II	2,50	3,87	25,077	6,660	1,07	26,143	67,50	1166	34268	583	609,1
III	2,50	6,45	83,592	70,200	11,23	94,824	45,00	778	22865	388	482,8
IV	2,50	4,98*	129,081	119,16	19,07	148,15	22,5	388,8	11427	43,4	191,5
V	2,50	6,27**	178,770	121,52	19,44	198,21	4,5	77,7	2284	8,6	206,8

Примітки:

* Під час використання ел. фільтрів враховується додатково потужність на створення ел. поля $N_{IV}^* = N_{IV} + 1,8L$, кВт.

** Сума витрат на ел. енергію за I і IV схемами

3.3. Розрахунок розсіювання шкідливих викидів у повітряне середовище

Виконати розрахунок розсіювання абразивно-металевого пилю в повітряне середовище для оптимальної схеми очищення, визначеної в розділі 3.1.

Середня швидкість виходу газоповітряної суміші із гирла джерела викиду визначаємо за формулою (24):

$$\bar{w}_0 = \frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 0,5^2} = 12,74 \text{ м/с.}$$

За формулою (25) визначаємо параметр f :

$$f = 1000 \frac{12,74^2 \cdot 0,5}{20^2 \cdot 94,1} = 2,16.$$

За формулами (26) – (28) визначаємо параметри v_m, v'_m і f_e :

$$v_m = 0,65 \sqrt{\frac{2,5 \cdot 94,1}{20}} = 1,48;$$

$$v'_m = 1,3 \frac{12,74 \cdot 0,5}{20} = 0,41;$$

$$f_e = 800 \cdot (0,41)^3 = 55,14.$$

Оскільки $f = 2,16$, що менше 100, коефіцієнт m визначаємо за формулою (29):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{2,16} + 0,34^3\sqrt{2,16}} = \frac{1}{0,67 + 0,15 + 0,44} = 0,79.$$

Оскільки $v_m = 1,48$ і знаходиться в межах $0,5 \leq v_m < 2$, то коефіцієнт n визначаємо за формулою (48):

$$n = 0,532 \cdot 1,48^2 - 2,13 \cdot 1,48 + 3,13 = 1,165 - 3,152 + 3,13 = 1,143.$$

Оскільки $\Delta T = 94,1^\circ \text{C} > 20^\circ \text{C}$, джерело викиду вважається "гарячим" і максимальне значення приземної концентрації C_M , мг/м³ під

час викиду пилогазоповітряної суміші з одиночного джерела з круглим гирлом визначаємо за формулою (23):

$$C_M = \frac{200 \cdot 22,5 \cdot 2,5 \cdot 0,79 \cdot 1,143 \cdot 1}{20^2 \cdot \sqrt[3]{2,5 \cdot 94,1}} = \frac{10158}{2470} = 4,11 \text{ мг/м}^3.$$

Оскільки розрахунок розсіювання шкідливих викидів проводиться для проєктованого підприємства, то відповідно до підпункту 2.2.2 фонову концентрацію $C'_ф$ беремо за формулою (21), тобто:

$$C'_ф = C_ф = 0,2 \text{ мг/м}^3.$$

З урахуванням викладеного перевіряємо умову (22):

$$4,11 > 0,4 - 0,2, \text{ тобто} \\ 4,11 > 0,2.$$

Висновок 1. Умова не виконується. З цього випливає, що потрібно розробляти додаткові заходи для зниження викидів абразивно-металевого пилу в атмосферу (збільшувати висоту труби, поліпшувати основні технології, збільшувати коефіцієнт очищення шкідливих викидів).

Відстань X_M , м від джерела викиду, на якій приземна концентрація абразивно-металевого пилу C , мг/м³ за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення C_M , визначаємо за формулою (38) з урахуванням значення безрозмірного коефіцієнта d , який визначаємо за формулою (40), оскільки

$$f = 2,16 < 100 \text{ і } 0,5 < v_m = 1,48 \leq 2; \\ d = 4,95 \cdot 1,48 \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{55,14}\right) = 15,172.$$

Тоді

$$X_M = \frac{5 - 2,5}{4} \cdot 15,172 \cdot 20 = 190 \text{ м.}$$

Висновок 2. Відповідно до завдання підприємство відноситься до III класу небезпечності і СЗЗ становить 300 м (додаток табл. 3). Координата X_M знаходиться в межах СЗЗ, тому не потрібно розробляти додаткові заходи для зменшення викиду шкідливої речовини.

У випадку, коли координата X_M потрапляє за межі СЗЗ, можна корегувати розмір СЗЗ з урахуванням середньорічної рози вітрів відповідно до

підпункту 2.2.5. Для "холодного джерела" $\Delta T \cong 0^\circ\text{C} < 20^\circ\text{C}$ розрахунки виконуються відповідно до підпунктів 2.2.1 – 2.2.5.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Моніторинг довкілля: навчально-методичний посібник для студентів за спеціальністю "Екологія".* – К., 1998. – 92 с.
2. *Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т. и др. Охрана окружающей среды.* – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 424 с.
3. *Трофімович В.В. Основы экологии.* – К.: ВІПОЛ, 1996. – 105 с.
4. *Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология.* – М.: Высшая школа, 1988. – 271 с.
5. *Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология. Общий курс в двух томах: Т 1.* – М.: Высшая школа, 1996. – 637 с.; Т 2.
6. *Защита атмосферы от промышленных загрязнений: справочник в 2-х частях / под ред. С. Калверта и Г.М. Инглунда.* – М.: Металлургия, 1985.
7. *Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86.* Госкомгидромет. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 90 с.
8. *Методические указания по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях. Руководящий документ РД 52.04.52-85. Введен Госкомгидрометом СССР 01.12.86.* – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 52 с.
9. *Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий СН 245-71.* – М.: Стройиздат, 1972. – 98 с.
10. *Отопление и вентиляция. Ч. 2. Вентиляция / под ред. В.Н. Богословского.* М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.
11. *Справочник по пыле- и золоулавливанию / под ред. А.А. Русанова.* М.: –Энергоатомиздат, 1983. – 310 с.
12. *Водний кодекс України. Від 06.06.1995 р. № 213/95.*
13. *Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 р. № 456.*
14. *Василенко А.А., Литвиненко Л.Л., Квартенко О.Н. Рациональное використання та охорона водних ресурсів: навчальний посібник.* – Рівне: НУВГП, 2007. – 246 с.
15. *ДБН В.2.5. – 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.* – К.: Мінрегіон України, 2013.
16. *Капінос, П.І. Панасенко Н.А.. Охорона природи.* – К.: Вища школа, 1983. – 255 с.
17. *ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.* – К.: Мінрегіон України: 2013.
18. *ДСТУ – НБВ.1.1 – 27:2010. Будівельна кліматологія.* – К.: Мінрегіон України: 2010.
19. *Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды.* – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

20. *Справочник по охране окружающей среды / под ред. В.Г. Сахаева, Б.В. Щербицкого. – К.: Будівельник, 1986. – 149 с.*
21. *Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 № 2707. Зі змінами і доповненнями.*
22. *ДБН А.2.2. –1–2003. “Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Чинні з 01.04.2004 р.*
23. *ДСП 201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць.*
24. *ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів.*
25. *ДБН В 2.4 – 2 – 2005. Полігони твердих побутових відходів.*
26. *Клименко М.О., Прищепла А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: Підручник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 360 с.*

Початкові дані для виконання РГВ

Показник	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Вибір параметрів за першою цифрою шифру

Місто розташування промислового об'єкта	Вінниця	Дніпропетровськ	Житомир	Івано-Франківськ	Кіровоград	Київ	Луцьк	Маріуполь	Рівне	Полтава
Висоти джерел викиду, м	14	10	12	11	10	15	12	15	15	15
1	15	15	16	16	15	16	16	13	16	16
2	16	16	10	10	16	17	17	17	10	17
3	17	17	15	17	13	18	18	18	18	10
4										
Координати джерел викиду (X,Y), м	50,500	100,450	150,400	200,350	250,300	300,250	350,200	400,150	450,100	500,500
1	100,100	200,200	300,300	400,400	500,500	500,500	400,400	300,300	200,200	100,100
2	400,200	450,500	500,450	150,450	200,450	500,200	450,150	500,450	450,500	200,400
3	350,450	500,300	200,250	450,500	450,250	200,400	450,500	250,200	300,500	450,350
4										
Температура викиду пилогазової суміші, t _г , °С	40	60	80	100	120	120	100	80	60	40
Фонові концентрації, С _ф , мг/м ³	0,01	0,15	0,02	0,12	0,17	0,02	0,15	0,01	0,12	0,17

*С_ф = (параметр завдання) ГДК_{сд}, мг/м³

Вибір параметрів за другою цифрою шифру

Показник	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Клас небезпечності підприємства	III	IV	V	V	IV	III	III	IV	V	V
Продуктивність джерел викиду, L, м ³ /с	1	2,1	2,5	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2
	2	2,2	2,2	2,5	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
	3	2,3	2,3	2,3	2,5	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
	4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Діаметри викиду, d, м	1	0,40	0,63	0,45	0,40	0,63	0,40	0,56	0,45	0,63
	2	0,45	0,56	0,50	0,45	0,56	0,45	0,50	0,50	0,56
	3	0,50	0,50	0,56	0,50	0,50	0,50	0,45	0,56	0,50
	4	0,56	0,45	0,63	0,56	0,45	0,56	0,40	0,63	0,45
Код шкідливості, яка видаляється джерелом *	1	10535	2922	2908	10417	10846	10535	2922	2918	10417
	2	2907	2915	2918	2918	11253	2907	2915	3007	10846
	3	2909	10431	3007	10431	3007	2909	2908	10784	10784
	4	10417	2908	10363	10784	11263	10363	11253	10363	11253

Продовження додатка
Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Концентрація шкідливості на вході в пилоочисний пристрій, $C_{вх}$, г/м ³	1	25.0	10.0	8.0	23.0	10.0	25.0	8.0	23.0	10.0
	2	15.0	20.0	15.0	13.0	18.0	15.0	20.0	13.0	18.0
	3	20.0	15.0	20.0	18.0	13.0	20.0	15.0	18.0	13.0
	4	25.0	10.0	25.0	23.0	8.0	25.0	10.0	23.0	8.0
Кількість змін роботи обладнання, п, змін	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Щільність населення, п, чол./га	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50

* Найменування речовини, ГДК і клас наведено в табл. 2.

**Перелік забруднювальних речовин, які викидаються
в атмосферне повітря**

ГДК _{сд}	Код речовини	Найменування речовини	ГДК, м.р. ОБРВ, мг/м ³	Клас небезпеки
0,1	10535	Пил каїніту	0,50	3
0,1	2907	Пил неорганічний, який містить двоокис кремнію більше 70% (дінас)	0,15	3
0,15	2909	Пил неорганічний, який містить двоокис кремнію менше 20% (доломіт)	0,50	3
0,05	2922	Пил поліпропілену	0,10	1
0,02	2915	Пил скловолокна	0,06	1
0,1	2908	Пил неорганічний, який містить двоокис кремнію у %:	0,30	3
0,02	2918	Пил цементного виробництва (оксид кальцію > 60% та діоксид кремнію > 20%)	0,20	3
0,01	3007	Перліт	0,05	1
0,03	10363	Пил цукру, цукрова пудра (сахароза)	0,10	1
0,03	10417	Пил зерновий	0,20	3
0,15	10431	Пил абразивно-металевий	0,40	2
0,05	10784	Пил бурого вугілля	0,13	2
0,03	10846	Глюкоза	0,10	1
0,03	11253	Пил вугільного концентрату	0,11	1
0,04	11263	Пил пінополіуретану	0,13	4

Таблиця 3

Розмір санітарно-захисної зони

Клас небезпечності підприємства	Розмір санітарно-захисної зони, м
I	1000
II	500
III	300
IV	100
V	50

Показники відносної агресивності речовин

№ пор.	Код речовини	Назва речовини	Величина коефіцієнта агресивності,
1	2	3	A
1	200	Азоту двоокис (NO ₂)	41,10
2	202	Аміак (NH ₃)	10,40
3	701	Ангідрид сірчаний (SO ₂)	22,0
4	335	Ангідрид фосфорний (PO)	52,0
5	680	Ацетон	2,22
6	955	Бензин	1,26
7	646	Бутилацетат	2,08
8	986	Завислі речовини	15,18
9	2908	Пил із вмістом 50% кремнію	29,39
10	2907	Пил із вмістом 90% кремнію	83,90
11	321	Сажа	41050
12	248	Кислота соляна	49,0
13	201	Кислота азотна	28,28
14	290	Кислота сірчана	49,0
15	710	Кислота оцтова	28,28
16	499	Діхлоретан	2,94
17	424	Ксилол	2,94
18	289	Озон	212,13
19	592	Спирт бутиловий	9,29
20	598	Спирт етиловий	0,13
21	427	Стирол	37,95
22	428	Толуол	1,70
23	322	Окис вуглецю	1,0
24	361	Вуглеводні граничні	0,40
25	600	Фенол	309,84
26	669	Формальдегід	240,0
27	240	Хлор	89,4
28	142	Хром шестивалентний	10000,0
29	524	Епіхлоргідрин (смола епоксидна)	20,78
30	651	Етилацетат	2,08
31	320	Водень ціанистий	282,0

Закінчення додатка
Закінчення табл. 4

1	2	3	4
32	71	Водень фтористий	98
33	57	Марганцю окис	5477,22
34	45	Заліза окис	46,48
35	77	Нікелю окис	5477,22
36	62	Міді окис	587,88
37	147	Цинку окис	245,0
38	42	Алюмінію окис	75,89
39	111	Свинець	22360,7
40	39	Дибутилфталат	69,29
41	987	Керосин	0,41
42	35	Ідкий натр	219,10
43	742	Пил склопластику	33,94
44	957	Уайт-спірит	0,89
45	516	Фреон-II (трихлорфторметан)	0,04
46	106	Титану двоокис	10,0
47	203	Масло мінеральне	33,28
48	48	Магнію окис	26,29
49	15	Ванадію п'ятиокис	2738,6
50	34	Етилцеллозоль	5,85
51	41	Сольвент	6,92
52	10431	Пил абразивно-металевий	29,39
53	2909	Пил неорганічний, який містить двоокису кремнію менше 20% (доломіт)	9,49
54	2922	Пил поліпропілену	26,29
55	2915	Пил скловолокна	53,67
56	2918	Пил цементу	16,97
57	3007	Перліт	29,39
58	10363	Пил цукру	29,39
59	10417	Пил зерновий	29,39
60	10784	Пил бурого вугілля	29,39
66	10846	Глюкоза	29,39
62	11253	Пил вугільного концентрату	29,39
63	11263	Пил пінополіуретану	0,4
64	10535	Пил каїніту	10,0

З М І С Т

Загальні положення	3
1. Рекомендації до вивчення окремих тем	4
Дисципліни.....захисту... атмосфери від шкідливих	11
реалізаційного-економічна оцінка технологічних схем очищення	
вентиляційних викидів	11
...2.2. Розрахунок забруднення атмосфери внаслідок розсіювання	
шкідливих	17
речовин	
2.1..... Загальні	17
положення встановлення фонових концентрацій під час розрахунків	
забруднення	18
2.2. Розрахунок забруднення атмосфери викидами	
одиначного	18
джерела	
2.4..... Встановлення..... гранично допустимих	23
викидів. Встановлення меж санітарно-захисної зони	24
Відприємства..... розрахунково-графічної вправи	24
(РЗВ)..... Початкові	24
дані	
2.. Еколого-економічна оцінка п'яти технологічних схем	
очищення вентиляційних пилових	25
викидів. Розрахунок розсіювання шкідливих викидів	
у повітряне	29
Середовища	31
Додаток	33

Навчально-методичне видання

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ ТА ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ОХОРОНИ БІОСФЕРИ

Методичні вказівки
до вивчення дисципліни
для студентів, які навчаються за напрямом
підготовки 6.060101 “Будівництво” та спеціальності
7.092108 “Теплогазопостачання і вентиляція”

Укладачі: **ТРОФІМОВИЧ** Володимир Володимирович,
ВАСИЛЕНКО Олексій Анатолійович,
КЛІМОВА Ірина Володимирівна,
ЖУРАВСЬКА Наталія Євгенівна

Комп'ютерне верстання *І.С. Аршинкіної*

Підписано до друку 2016. Формат 60 × 84 ^{1/16}
Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк. 2,5.
Електронний документ. Вид. № 24/III-16.

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680
E-mail: red-isdat@ukr.net, тел. (044)241-54-22, 241-54-87

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.