

502.3(075)

197

Міністерство освіти України
Вінницький державний технічний університет

О.Г. Лялюк, Г.С. Ратушняк

**МОНІТОРИНГ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

Вінниця ВДТУ 1998

05
99
Міністерство освіти України
Вінницький державний технічний університет

О.Г. Лялюк, Г.С. Ратушняк

МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ



502.3(075) Л 97 1998

Лялюк О.Г. Моніторинг атмосферного повітря

Затверджено Ученою радою Вінницького державного технічного університету як навчальний посібник для студентів спеціальності «Теплогазопостачання та вентиляція»

Вінниця ВДТУ 1998

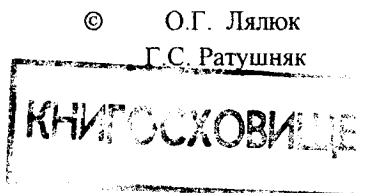
О.Г. Лялюк, Г.С. Ратушняк. Моніторинг атмосферного повітря.
/Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 1998. - 94 с. Укр. мовою

Викладені теоретичні основи та сучасні проблеми моніторингу атмосферного повітря. Характеризуються властивості основних забруднювачів та їх розповсюдження в атмосфері і екологічні вимоги до об'єктів. Розглянуті організація та проведення спостережень за рівнем забруднення атмосфери, методи й технічні засоби відбору проб повітря, методи й апаратура лабораторного й автоматичного аналізу стану атмосферного повітря. Розкриваються питання радононебезпеки повітря на об'єктах житлово-цивільного призначення. Розглянуті нормування, прогнозування й управління в структурі моніторингу атмосферного повітря.

395319

Бібліогр. 21 назв, іл. 24.

Рецензенти: Пономарчук А.Ф., д.т.н.
Ткаченко С.Й., д.т.н.
Півошенко І. М., к.г.н.



Відповідно до Конституції України “Забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи - катастрофи планетарного масштабу, збереження генофонду українського народу є обов’язком держави” (ст.16, Конституція України). Правові й організаційні основи та екологічні вимоги в напрямку моніторингу атмосферного повітря з метою регулювання відносин в цій галузі, збереження, поліпшення й відтворення його стану, а також посилення правопорядку та законності в даній сфері, передбачені Законом України “Про охорону повітря” від 16.10.1992 року.

Щорічно більше 160 млн т діоксиду сірки та дещо менше оксидів азоту викидається в атмосферу Землі в результаті антропогенної діяльності. Внаслідок цього випадають кислотні дощі, щорічні збитки від яких в Північній Америці складають 1 млрд. доларів тільки за рахунок неотриманих прибутків. За останні 200 років людство збільшило вміст оксидів вуглецю в атмосфері на 25% за рахунок спалювання органічних речовин. В результаті виникнення парникового ефекту збільшується температура Землі, що може привести до небажаних екологічних, економічних та соціальних наслідків.

У Вінницькій області в 1997 році із 548 підприємств, що звітують за викиди, 147 збільшили їх об’єм. Загальна кількість викидів в атмосферне повітря області в цьому році становила від стаціонарних джерел забруднення 80 тис.т, а від автотранспорту - 53 тис. т. Валовий викид забруднювачів атмосфери в 1997 році ВО “Хімпром” в місті Вінниці становив 781 т. На території області, яка входить в зону посиленого радіоекологічного контролю зі щільністю радіоактивного забруднення від 1 до 5 Кі/км², проживає понад 130 тисяч чоловік. Джерелом радіонуклідів є будівельні матеріали. Найбільшу небезпеку для людини становить опромінення від радону, який виділяється із гранітних товщ Землі.

Несприятливі зміни довкілля в Україні, що породжені функціонуванням всього господарчого комплексу, негативно відбиваються на життєдіяльності людей і деградації біосфери в цілому. Оптимальні з природо-охоронних позицій проектування, будівництво й експлуатація об’єктів повинні визначатися з врахуванням екологічних показників та характеристик, виходячи з керівного критерію - пріоритету інтересів провідного природокористувача, тобто людини.

Моніторинг атмосфери, як частини довкілля, базується на сучасних методах дослідження проблеми взаємодії природи й суспільства, що ґрунтується на математичних моделях збереження й перетворення енергії та речовини між компонентами географічної оболонки з врахуванням антропогенних факторів.

Проблема якісної практичної підготовки інженерів-будівельників знаходиться в тісному взаємозв'язку з отриманням ними знань по раціональному використанні та охороні природних ресурсів в умовах інтенсивної антропогенної діяльності. Рішення цієї задачі вимагає відповідного методичного забезпечення навчального процесу, яке б дозволяло розвивати екологічне мислення в отриманні навичок та умінь при проектуванні, будівництві та експлуатації господарчих об'єктів на основі раціонального природокористування.

В навчальному посібнику наведені вимоги нормативно-технічних актів, що регламентують моніторинг довкілля та інженерні методи охорони біосфери. В сконцентрованому вигляді викладені основні положення, що пов'язані з розвитком науки й техніки, з вдосконаленням моніторингу атмосферного повітря. При викладенні матеріалу навчального посібника використані результати наукових досліджень Лялюк О.Г. з питань моніторингу радоннебезпеки та оптимізації рівнів іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві, що виконуються під керівництвом доктора технічних наук професора Сердюка В.Р., та інші відкриті джерела наукових знань.

Матеріал посібника враховує специфіку програм дисциплін, що вивчаються при підготовці інженерів-будівельників. Посібник призначений для активізації самостійної роботи студентів. В зв'язку з цим окремі теоретичні положення мають специфічну методику викладання та супроводжуються прикладами, що роз'яснюють теорію та суть питань, що розглядаються.

Професором кафедри теплоенергетики та газопостачання Ратушняком Г.С. написана передмова та глава 2. Магістром будівництва Лялюк О.Г. написана глава 5. Глави 1, 3, 4 та 6 написані спільно.

Автори щиро вдячні рецензентам за поради та зауваження, врахування яких сприяло покращенню змісту даного навчального посібника, а також інженеру обчислювального центру факультету Франишиній Т.О. за верстку й комп'ютерний набір.

1. МЕТА МОНІТОРИНГУ ТА ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

1.1. Мета і функції моніторингу атмосферного повітря

Природне середовище як сполучення природних та природно-антропогенних тіл й факторів, що впливають на природні ресурси та економічні показники господарчої діяльності, постійно знаходиться у взаємодії з об'єктами урбанізованої території. Урбанізована територія та техногенні системи в існуючій практичній реалізації не завжди виступають як однологічно ціле. Якщо на навколишнє середовище діють нерегульовані техногенні процеси, то це викликає негативні явища та виникає необхідність в створенні природно-технологічних комплексів, в яких сполучення елементів технічних систем з природнім середовищем відбувається за принципами забезпечення цілісності, організованості та керованості. Особливо це стосується повітряного басейну, тобто частини атмосфери в якій проходять активні біологічні процеси та антропогенна діяльність.

Атмосфера - це газоподібна оболонка повітря навколо Землі, що захищає все живе від знищувальної дії космосу. Атмосфера має декілька шарів: тропосферу, стратосферу, мезосферу, іоносферу, протоносферу та магнітосферу, що виконують певні захисні функції.

Тропосфера - приповерхневий шар атмосфери товщиною в середньому 11 км, на який припадає три четверті маси всієї атмосфери. Склад тропосфери: азоту - 78,1%, кисню - 20,9%, аргону - 0,95%, вуглекислого газу - 0,032%, а решта - водяна пара, пил, сажа та інші домішки. Тропосфера нагрівається від Землі. З висотою температура повітря знижується 0,5°C на кожні 100 м. У тропосфері дуже інтенсивний горизонтальний і вертикальний рух повітря. Частина тропосфери, в якій відбувається життєва діяльність живих організмів, - біосфера. Закінчується тропосфера перехідним шаром товщиною в один кілометр - тропопаузою. В тропопаузі постійна температура (-60...-70°C) та немає вертикальних рухів повітря. Вона захищає біосферу від надмірних витрат тепла в космічний простір.

Стратосфера - шар атмосфери до висоти 40 км, в якому спостерігається підвищений вміст озону. Температура в стратосфері (-70...90°C). Вона захищає біосферу від довгохвильового ультрафіолетового випромінювання.

Мезосфера- шар атмосфери до висоти 80 км, в якому переважають найнижчі температури (-100...130°C). На висоті 80...100 км у межах мезосфери розташований шар динамічного стиснення космічного пилу та випаровування метеоритів з виділенням води.

Іоносфера - шар атмосфери на висоті від 100 до 1000...1200 км, в якому температура коливається в інтервалі +1000...1400°C. В цьому шарі спостерігається висока концентрація електронів і позитивних іонів, які при взаємодії з ультрафіолетовим випромінюванням, захищають від нього і рентгенівського випромінювання біосфери.

Протоносфера - шар атмосфери на висоті від 1000 до 2000 км, що складається з іонізованого водню з незначними домішками гелію, та має температуру +400...1600°C. Цей шар захищає біосферу від електронів високих енергій.

Магнітосфера - простір, розташований вище атмосфери в якому формується магнітне поле Землі. З боку Сонця магнітне поле простягається на 64000 км, а з протилежного боку - на віддаль до 1 млн.км. Магнітосфера захищає біосферу від безпосередньої дії потоку високотемпературної плазми, в складі якої є частинки дуже високих енергій і сильні магнітні поля.

В результаті попадання в атмосферу любих твердих та газоподібних речовин або викидів енергії (тепло, звук, радіоактивність) в кількості, що має шкідливу дію на людський чи тваринний організм, рослини та будівельні конструкції, відбувається її забруднення. В зв'язку з цим суттєве значення має охорона повітряного басейну, тобто система сукупності способів та дій, що направлені на досягнення поставленої мети зменшення забруднення повітря.

В 1972 році в м.Стокгольмі на конференції ООН по охороні навколишнього середовища офіційно був прийнятий термін моніторинг, під яким розуміють спеціальну систему спостережень, контролю, прогнозування та керування станом природного середовища, як у глобальному масштабі, так і в місцях найсильнішого антропогенного впливу.

Мета моніторингу - виявити критичні та екстремальні ситуації, фактори антропогенної дії на довкілля, проводити оцінку, моделювання й прогнозування стану об'єктів спостереження, керувати дією й впливом об'єктів техносфери, атмосфери, гідросфери і літосфери.

Блок-схема моніторингу як системи в цілому представлена на рис.1.1. Існує три рівні спостереження за станом навколишнього середовища:

космічні з супутників або пілотованих кораблів; аероспостереження з літаків; наземні - рухомі, нерухомі та стаціонарні.

Види моніторингу: медико-біологічний - тобто контроль факторів, що пов'язані із здоров'ям людини; екологічний - контроль стану екосистеми; кліматичний - контроль за станом клімату.

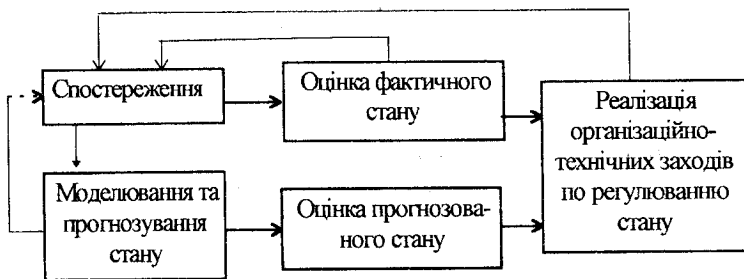


Рис. 1.1. Блок-схема система моніторингу

Основні функції моніторингу:

- контроль за станом атмосфери, гідросфери та літосфери;
- контроль за джерелами забруднення, що впливають на зміну екологічної рівноваги довкілля;
- моделювання та прогнозування екологічного стану атмосфери, гідросфери та літосфери;
- керування екологічними процесами.

Для отримання повної та оперативної інформації про стан атмосферного повітря використовуються засоби контролю екологічних систем. За впливом на об'єкти вони бувають контактні та неконтактні. Контактні засоби контролю базуються на фізико-хімічних процесах при безпосередньому контакті з досліджуваним об'єктом. Неконтактні засоби контролю базуються на властивостях електромагнітного, гравітаційного чи акустичного поля, що зондується, переносити інформацію до відповідних датчиків при взаємодії з досліджуваним об'єктом. Неконтактні засоби контролю бувають активні та пасивні. Активні - прийом відбитого, проникаючого зондуючого поля, що створене стороннім джерелом енергії. Пасивні - прийом зондуючого поля безпосередньо від об'єкту контролю екологічної системи.

В залежності від контрольованих показників атмосферного повітря засоби контролю поділяють на структурні та функціональні. До структурних відносяться такі, що контролюють абсолютні або відносні значення фізико-хімічних чи біологічних параметрів, а до функціональних - продуктивність, швидкість та кругообіг речовин.

Моделювання якості атмосферного повітря базується на основі інформації про шкідливі викиди за результатами інвентаризації стаціонарних та пересувних джерел забруднення. Методи моделювання ґрунтуються на законах, що описують процес дифузії, переносу і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері.

При прогнозуванні стану забруднення атмосферного повітря оцінюється санітарна ситуація в районі та перспективи її розвитку. Методи прогнозування базуються на результатах теоретичного й експериментального дослідження закономірностей розповсюдження шкідливих інгредієнтів від їх джерел.

Управління моніторингу повітряного басейну представляє собою програмний комплекс, що об'єднаний в систему постійно діючих моделей, в яких зміни стану одного з природних факторів або техногенного навантаження відображається в вигляді ідентифікованої реакції об'єкту управління.

1.2. Розповсюдження забруднювачів в атмосфері та їх властивості

Розвиток промислового виробництва, транспорту, сільського господарства й побуту спричинився до суттєвого забруднення атмосферного повітря, зміни його складу й захисних властивостей. Основна кількість шкідливих речовин (75%) попадає в повітря при спалюванні органічних енергоносіїв. У містах до 60% забруднення дає автотранспорт.

У світі щорічно спалюється в середньому по 10 млрд.т палива. При цьому витрачається 20 млрд.т кисню та утворюється 22 млрд. т вуглекислого газу, 150 млн.т діоксиду сірки, 200...700 млн.т пилу й диму та багато інших шкідливих речовин.

Матеріальний баланс теплової електростанції потужністю 2400 МВт, що працює на вугіллі, наступний. При спалюванні за годину 1060 т вугілля необхідно 820 т кисню. 3 котлоагрегатів викидають 34,5 т/год шлаку,

електрофільтри вловлюють 193,5 т/год золи. Через димові труби в атмосферу викидають 10 млн.м³/год газів, що містять: 2350 т/год діоксиду вуглецю, 251 т/год води; 34 т/год діоксиду сірки, 9,34 т/год оксидів азоту та 2 т/год золи.

У промислових районах за добу випадає понад 1 т пилу на 1 км². В містах забруднення повітря в 15 разів вище, ніж в сільській місцевості. Більш як 300 млн. автомобілів щодня викидають у повітря 800 тис.т оксиду вуглецю та 1 тис.т свинцю. Щорічний викид в атмосферу до 150 млн.т діоксиду сірки при сполученні з водою є причиною кислотних дощів, що негативно впливають на біосферу. Постійне збільшення викидів в атмосферу діоксиду вуглецю приведе до різкого посилення парникового ефекту, тобто підвищення середньої температури на планеті.

Ступінь забруднення повітря викидами шкідливих речовин біля земної поверхні залежить від кількості речовин та їх параметрів, а також характеру молекулярної й турбулентної дифузії, інтенсивність, яких визначається вектором швидкості вітру й вертикальним температурним градієнтом.

Врахування вектору швидкості вітру дозволяє раціонально вирішувати питання розташування промислових підприємств на території населених пунктів. При розміщенні промислової зони необхідно враховувати середньорічну й сезонну розу вітрів, а також швидкість вітру окремих румбів. При викидах з низьких труб найбільше забруднення спостерігається при незначних швидкостях вітру в межах 0...1 м/с. При викидах з високих труб максимальна концентрація забруднення буде при швидкості вітру 3...6 м/с.

Температурний градієнт - параметр, що характеризує зміну температури по вертикалі. Його значення при звичайних умовах становлять 0,5-0,6°C на 100 м піднімання вверх.

Температурна інверсія - це збільшення температури з висотою. При інверсіях турбулентний обмін послаблюється, що приводить до погіршення умов розсіювання шкідливих викидів в атмосфері.

Ступінь зменшення концентрації викидів в атмосферному повітрі знаходиться в прямій залежності від відстані, на яку переміщується шкідлива речовина в напрямку вітру. Розповсюдження викидів відбувається в межах сектору, що обмежений кутом розкриття факелу $\alpha=10...20^\circ$.

Природне та антропогенне забруднення атмосфери ділиться на теплове, звукове (шум), біологічне, хімічне, радіоактивне та фізичне (пил).

За агрегатним станом забруднювачі атмосферного повітря бувають тверді, рідкі та газоподібні.

Джерела забруднення атмосфери класифікують за такими ознаками:

- потужність (потужні, великі, малі);
- висота (високі, середні, низькі);
- температура (нагріті, холодні).

До потужних джерел забруднення відносять металургійну та хімічну промисловість, теплоелектроцентралі, будівельну індустрію. Малими за потужністю джерелами забруднення є районні опалювальні котельні, що працюють на твердому й рідкому паливі, та місцева промисловість.

Високими джерелами забруднення вважаються висотою вище 50 м, а низькими - висотою до 50 м.

До нагрітих джерел відносяться викиди з температурою вищою за 50°C, а до холодних - що мають температуру нижче за 50°C

Найбільш поширені шкідливі викиди в населених пунктах: оксиди вуглецю, оксиди азоту, діоксид сірки та пил різного походження. Значна частка шкідливих викидів в атмосферу формується при спалюванні твердого й рідкого палива котельнями та теплоелектроцентралями. Суттєва частка у забруднюванні атмосферного басейну населених пунктів належить автотранспорту. Крім перерахованих шкідливих інгредієнтів автомобілі забруднюють населені пункти свинцем, хлором, бромом та сажею.

Класифікація атмосферних забруднень за розмірами наведена в табл.1.1.

Пил характеризується такими параметрами: густина, дисперсність, адгезія, сипучість, абразивність, змочуваність, гігроскопічність, електрична провідність й зарядженість частинок, самозагоряння й утворення вибухових сумішей.

Густина (кг/м³; г/см³) - кількість маси речовини в одиниці об'єму. Розрізняють дійсну, уявну та насипну густину. Насипна густина на відміну від дійсної враховує повітряний прошарок між частинками пилу. При злежуванні насипна густина збільшується в 1,2...1,5 рази. Уявна густина є відношенням маси частинок до об'єму, який вона займає, включаючи пори, пористості й нерівності.

Дисперсність (мкм) - характеристика розміру частинок. Діапазон дисперсності характеризують найбільшим й найменшим розміром. Для характеристики дисперсного складу пилу розбивають всю масу пилинок на деякі фракції, обмежені частинками визначеного розміру з вказівкою, яку долю у відсотках по масі або кількості частинок вони складають.

Дисперсний склад пилу зображують у вигляді інтегральних кривих, що в більшості випадків описуються нормально-логіарифмічним законом розподілення частинок за розмірами.

Таблиця 1.1.

Класифікація атмосферних забруднень за розмірами

Назва атмосферних забруднень	Розміри
Зола	Великі частинки розміром більше 76 мкм
Пил	Частинки розміром менше 76 мкм
Дим	Тверді частинки менше 1 мкм
Туман	Рідкі частинки менше 10 мкм
Імла	Досить густі тумани, що сильно погіршують видимість
Кіптява	Летюча зола, продукти неповного згорання або обидва види цих забруднень
Сажа	Злиплі частинки незгорівшого вугілля, які утворюються при його неповному згоранні
Аерозолі	Будь-які суспензії в повітрі, що відносно стабільні
Смог	Назва будь-якого небажаного забруднення атмосфери (густиий туман з пилом та шкідливим газом)

Дисперсність пилу характеризується параметрами: d_{50} , що дає середній розмір частинок; $lg \sigma$ - ступінь полідисперсності пилу. Дисперсний склад пилу, що утворюється при деяких технологічних процесах, наведено в табл.1.2, а його класифікація по дисперсності - в табл.1.3.

Таблиця 1.2.

Дисперсний склад пилу, що утворюється при деяких технологічних процесах

Технологічний процес	Вид пилу	d_{50} , мкм	$\lg \sigma$
Розмелювання цементного клінкера в кульовому млині	цемент	20	0,47
Розпилювальна сушарка при виробництві суперфосфату	суперфосфат	80	0,21
Заточка інструменту	метал, абразив	38	0,21

Адгезія - властивість частинок, що характеризує їх схильність до злипання. Чим менший розмір частинок пилу, тим легше вони злипаються. Пил, у якого 60-70% частинок мають діаметр менше 10 мкм, веде себе як злиплий. Класифікація пилу по злипанню наведена в табл. 1.4.

Таблиця 1.3.

Класифікація пилу по дисперсності

Група	Назва пилу	d_{50} , мкм
I	дуже великодисперсний	> 140
II	великодисперсний	40...140
III	середньодисперсний	10...40
IV	дрібнодисперсний	1...10
V	дужедрібнодисперсний	< 1

Сипучість - кут природного скосу, який приймає пил в свіжонасипному вигляді.

Абразивність частинок характеризує інтенсивність зношування металу при однакових швидкостях газів й концентраціях пилу. Величина абразивності залежить від твердості, форми, розміру й густини частинок. Максимальне зношування металів буде при розмірах 90 ± 2 мкм.

Змочуваність частинок характеризує інтенсивність покриття їх поверхні рідиною. Гладенькі частинки змочуються краще, ніж частинки з нерівною поверхнею, так як вони в більшій мірі покриті абсорбованою газовою оболонкою, що утрудняє змочування. Класифікація твердих тіл по характеру змочування наведена в табл. 1.5.

Таблиця 1.4.

Класифікація пилу по злипанню

Група злипання	Найменування золи й пилу	Розривна міцність по Є.І.Андріанову, Па
Незлипні	Шлаковий, глиноземний, доломітовий, шамотний	$P \leq 60$
Слабозлипні	Летюча зола при шаровому спалюванні, з недопаленням більше 30% кам'яного вугілля, коксовий пил, сланцева зола, магнезитовий пил	$60 < P < 300$
Середньозлипні	Летюча без недопалення та торф'яна зола, пил оксиду цинку, свинцю й олова, сухий цемент	$300 < P < 600$
Сильнозлипні	Вологовмістний цементний пил, гіпсовий та алебастровий пил, пил глини, каоліну, мучнистий пил, волокнистий, азбестовий, хлопковий та шерстяний пил	$P > 600$

Гігроскопічність частинок - це здатність пилу всмоктувати вологу. Залежить від хімічного складу, розміру, форми й ступені шорсткості поверхні частинок.

Таблиця 1.5.

Класифікація твердих тіл по характеру змочування

Група	Характер змочування	Найменування тіл
Гідрофільні	Добре змочувані	Кальцій, кварц, силкати, окислені мінерали
Гідрофобні	Погано змочувані	Графіт, вугілля, сірка
Абсолютно гідрофобні	Майже незмочувані	Парафін, тефлон, бітум

Електрична провідність частинок характеризується питомим електричним опором шару пилу (Ом·см). Залежить від поверхневої і внутрішньої електропровідності, форми й розмірів частинок, а також від структури шару й параметрів газового потоку. Класифікація пилу за питомим електричним опором наведена в табл. 1.6.

Електрична зарядженість частинок та її знак залежать від способу їх утворення, хімічного складу, від властивостей речовин, з якими вони стикаються. Вона впливає на вибухонебезпечність й адгезійні властивості та на поведінку частинок в газоходах й пиловловлювачих апаратах.

Самозагорання й утворення вибухонебезпечних сумішей частинок з повітрям залежить від хімічних й термічних властивостей пилу, від розмірів та форми частинок, їх концентрації в повітрі, від вологовмісту й складу газів, розмірів та джерела запалення й відносного вмісту інертного пилу. Хорошу здатність до самозапалення мають пили органічних речовин, що утворюються при виготовленні барвників, пластмас й волокон, а також пили таких металів, як магнію, алюмінію й цинку. Мінімальні вибухонебезпечні

Таблиця 1.6.

Класифікація пилу за питомим електричним опором

Група пилу	Питомий електричний опір, Ом·см	Відношення до електрофільтрів
Низькоомний	10^4	на електроді миттю розряджається, можливий вторинний винос
Середньоомний	$10^4 - 10^{10}$	на електроді розрядка проходить повільно, добре вловлюється
Високоомний	$10^{10} - 10^{13}$	на електроді утворюють пористий ізолюючий шар, великі труднощі при вловлюванні

концентрації завислого в повітрі пилу складають 20...50 г/м³, а максимальні - 700-800 г/м³. Ймовірність вибуху та його сила тим більша, чим більший вміст кисню в газовій суміші. Якщо концентрація кисню менше 16%, вибух пилової хмари не відбудеться.

Гази характеризуються такими основними параметрами як молекулярна маса, густина, в'язкість, вологість, питома теплоємність та ентальпія. Основні фізичні властивості деяких газів наведені в табл. 1.7.

Основні фізичні властивості газів

Газ	Молекулярна маса, М кг/кмоль	Густина, кг/м ³	В'язкість, 10 ⁻⁶ Па с	Питома теплоємність, МПа кДж
Азот	28,02	1,25	17	1,04
Ацетилен	26,04	1,171	9,35	1,68
Бутан	58,12	2,67	8,1	1,91
Водень	2,02	0,09	8,42	1,42
Діоксид вуглецю	44,01	1,98	13,7	0,84
Діоксид сірки	64,07	2,93	11,7	0,63
Кисень	32,0	1,43	20,3	0,91
Оксид вуглецю	28,01	1,25	16,6	1,05
Повітря	28,95	1,29	17,3	1,01
Пропан	44,1	2,02	-	1,89
Хлор	70,91	3,22	-	0,48
Етилен	28,05	1,26	9,85	1,53

Питома теплоємність газів - кількість теплоти, яку необхідно надати одиниці кількості газу для нагрівання на 1°C. Вона залежить від тиску і об'єму.

Ентальпія газів - кількість теплоти, яку необхідно підвести до 1 кг газу при постійному тиску, щоб довести його температуру від 0°C до заданого значення температури.

Радіоактивне забруднення атмосфери відбувається за рахунок природної радіоактивності, роботи атомних установок та ядерних вибухів. Радіонукліди, що попадають в атмосферу, концентруються в основному в аерозолях і можуть знаходитись в них від 3 до 9 років, а в нижніх шарах атмосфери - до 3 місяців. В залежності від напрямку й сили вітру аерозолі розносяться на різні відстані і внаслідок самоочищення атмосфери поступово осідають на землю.

При відсутності ядерних катастроф при експлуатації атомних електростанцій найбільшу дозу опромінення на території нашої держави вносять природні джерела. Структура складових опромінення радіонуклідами природних джерел та їх вага наступна:

- природній гамма-фон - 3,1%;
- уран-234, уран-238, радій-226; радон-222 у воді - 3,5%;
- внутрішнє бета-опромінення - 4,1%;

- радіоактивність будівельних матеріалів - 5,3%;
- космічне опромінення - 5,9%;
- радон-222 у повітрі - 78,1%.

Таким чином, основним джерелом опромінювання населення є радоновий газ.

Шумове забруднення за минулі 15...20 років зросло вдвічі. Шум - це безладний звук з періодичними коливаннями, що характеризується великою кількістю простих тонів різної частоти й сили. Тобто, шум - це сторонні звуки, що заважають працювати та відпочивати.

За одиницю вимірювання сили звуку прийнято децибел (дБ) - мінімальну різницю в силі звуку, яку може розрізнати людське вухо. Допустима границя звуків 80 дБ, критична - 150 дБ. Шум тихої розмови - 40 дБ,вантажного автомобіля - 80 дБ, реактивного літака, що злітає, - 140 дБ.

1.3. Наслідки забруднення атмосферного повітря

Прогнози свідчать, що до середини 21 століття вміст в атмосфері діоксида вуглецю подвоїться внаслідок постійного збільшення об'ємів спалюваних органічних речовин. Це призведе до різкого теплового забруднення атмосферного повітря та посилення парникового ефекту. До цього часу середня температура на планеті може підвищитися на 2...4°C. Перебудова клімату супроводитиметься зміною погодних умов, які навіть важко передбачити. Потепління приведе до швидкого танення льодовиків. Внаслідок цього підніметься рівень Світового океану і багато прибережних територій буде затоплено водою. Екологічною катаклізмою на планеті стане наступ пустель.

Підвищений рівень забруднення повітря впливає на самопочуття людини. Клітинно-епідеміологічні дослідження свідчать про пряму залежність захворювання та смертності від забруднення атмосфери, особливо людей похилого віку та дітей. Найбільш поширені захворювання при проживанні в місцях забруднення атмосфери: бронхіальна астма, виразка шлунка, цироз печінки, параліч ніг та рук. В Японії на 1000 жителів 127 хворіють від забруднення атмосфери. В США за період 1950 по 1965 роки процент смертності від захворювання легенів збільшився в 10 разів. У Вінницькій області в 1995 році на 10 тисяч жителів захворювання: органів дихання - 2400; злоякісні новоутворення - 374; органів травлення - 1530.

Оксиди азоту легко поглинаються кров'ю та впливають на органи зору. Оксид вуглецю призводить до головної болі, порушенню сну, втрати апетиту, апатії, безпліддя. Свинець, що є продуктом вихлопних газів автомобільного транспорту, руйнує червоні кров'яні тільця. Особливо шкідливий цементний пил. Навколо заводів по виробництву цементу та залізобетонних конструкцій зникає все живе, у людей розвиваються захворювання шкіри.

Шум шкідливо діє на центральну нервову систему, що відбивається на діяльності внутрішніх органів та кровообігу людини. Під дією шуму людина стомлюється, послаблюється її увага та уповільнюються психічні реакції. Шум інтенсивністю 75...95 дБ зменшує працездатність людини на 25%.

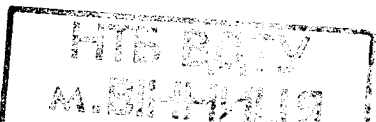
Радіоактивні ізотопи калію, натрію, цезію засвоюються рівномірно по всіх органах та клітинах; стронцій, радій, фосфор - накопичуються в кістках; йод - руйнує щитовидну залозу, порушує інтенсивність обміну речовин в організмі. Ізотопи стронцію-90, урану-235 викликають зміну складу крові, порушують статеву діяльність.

Біологічна дія радону-222 при попаданні його в організм людини зводиться до виникнення онкологічних захворювань та захворювань крові. За дослідженнями американських вчених середній вік людини скорочується на 7 років, якщо вона проживає в повітряному середовищі з підвищеною концентрацією радону-222. У Швеції радоном-222 забруднено повітря 130-ти тисяч житлових будинків, що є однією з причин того, що щорічно від раку легень помирає 1100 чоловік. За даними Наукового центру радіаційної медицини АМН України величина ймовірних смертельних випадків, внаслідок дії радіонуклідів радону-222, перевищує щорічно 10 тис. чоловік в нашій державі.

Забруднене повітря шкідливо впливає на рослини. Шкідливі гази в листі рослин порушують обмін речовин в рослині. Інтенсивність пошкодження залежить від виду та фізіологічного стану рослини, складу забруднюючих речовин та їх концентрації. За загальними признаками пошкодження є приховані, хронічні та гострі. Найбільш шкідливий для рослин сірнистий ангідрид та з'єднання фтору. Листя рослин, якщо багато сірнистого ангідриду, чорніють, зморщуються та опадають. При наявності значної кількості фтору рослини жовтіють, а листя опадає.

Рослини накопичують радіонукліди, причому найбільше - це капуста, люцерна та конюшина, а менше - пшениця та інші злакові.

395319



Тварини, що споживають забруднені рослини, накопичують в своєму організмі шкідливі речовини. В Німеччині було виявлено в буряках 70 мг свинцю, а в корів, що їх споживали, кількість свинцю в м'ясі в 20 разів перевищувала допустиму дозу. В Норвегії в 477 озерах за рахунок підвищення кислотності повністю зникла форель. Особливо шкідливі для тварин пестициди, що викликають їх масове захворювання та загибель.

Значних збитків забруднення атмосферного повітря надає будівлям, металевим виробам та спорудам. Висока концентрація в повітрі викидів промисловості, що вміщують з'єднання сірки та азоту, є причиною утворення кислотних дощів. При попаданні кислотних дощів на споруди та будівлі, вони окисляють будівельні матеріали, що приводить їх до руйнування. Мармурові споруди Рима й Афін за останні 10 років більше пошкодженні кислотними дощами, ніж за минулі 2,5 тисячоліття. Фарби, що використовують для захисту будівельних конструкцій, швидко втрачають свої захисні властивості при попаданні на них кислотних дощів. Так, вартість фарби, що витрачена на захист Ейфелової вежі від корозії, в декілька разів більше вартості будівництва самої вежі, але це не врятувало її конструкції від руйнування.

В результаті забруднення атмосферного повітря зовнішній ремонт будівель в багатьох європейських містах необхідно виконувати в три рази частіше, ніж в сільських. При цьому витрати на очищення й фарбування приміщень в містах на 13...14% більше.

Згідно з вимогами чинних нормативних документів при розробці техніко-економічного обґрунтування на проектування, будівництво, розширення, реконструкцію і експлуатацію підприємств по мірі дії на навколишнє середовище їх ділять на 5 класів. Класифікація підприємств по мірі їх дії на навколишнє середовище наведена в табл. 1.8.

Санітарно-захисна зона (СЗЗ) підприємства - ділянка землі, яка відділяє промислове підприємство від селітебної зони (житлових масивів чи окремих будиноків) і заважає розповсюдженню шуму, пилових й газових шкідливих речовин в житлову зону за рахунок осадження, уловлення та засвоєння їх зеленими насадженнями.

Ширина СЗЗ відповідно "Санітарним нормам проектування промислових підприємств" в залежності від їх класу, що характеризує ступінь забруднення повітря поблизу підприємства, рівна 50-1000 м (табл. 1.8).

Класифікація підприємств по мірі їх дії на навколишнє
середовище

Клас підприємств	Характеристика підприємств по виробництву	Ширина санітарно-захисної зони, м
I	Виробництво сталі, алюмінію, випалювання коксу, вторинна переробка кольорових металів, добування природного газу переробкою нафти чи вугілля	1000
II	Виробництво свинцевих акумуляторів, гіпсу чи пластичних мас, добування горючих сланців, кам'яного та бурого вугілля	500
III	Виробництво освинцьованого або з гумовою ізоляцією кабелю, брикетів з дрібного вугілля та торфу, виробництво скляної вати, толю, руберойду, асфальтобетону, різних лаків та олифи	300
IV	Металообробна промисловість з чавунним, стальним і кольоровим литтям, виробництво машин і приладів електротехнічної промисловості, котлів, металевих електродів, цегли, будматеріалів з відходів ТЕЦ	100
V	Термічна обробка без ливарних цехів, виробництво акумуляторів, електротехнічних приладів без застосування ртуті та лиття, друкарні, пункти очищення та промивання цистерн, виробництво стиснутих та зріджених продуктів розділення повітря	50

Розмір уточненої зони обчислюють за формулою:

$$L = \frac{L_0 P}{P_0}, \text{ м} \quad (1.1)$$

де L_0 - розрахунковий розмір ділянки місцевості в даному напрямку, де концентрація шкідливих речовин з урахуванням фонові концентрації перевищує гранично допустиму концентрацію, м;
 P - середньорічна повторність направлення вітру румба, який розглядається, %;

P_0 - середньорічна повторність направлення вітру одного румба при круговій розі вітрів, %.

Американець Луїс Баттон у книзі “Чисте небо” оригінально написав: “Одне з двох: або люди зроблять так, що буде у повітрі менше диму, або дим зробить так, що на Землі стане менше людей”.

1.4. Екологічні вимоги до об'єктів господарчої діяльності

Загальною тенденцією вирішення проблеми попередження забруднення довкілля є жорсткі вимоги до підприємств щодо обмеження викидів газоподібних, твердих і рідких домішок в навколишнє середовище. Організаційно-правові питання раціонального природокористування та охорони довкілля відображаються в екологічному паспорті об'єкта господарської діяльності.

Екологічний паспорт підприємства - це нормативно-технічний документ, який включає дані про використання підприємством ресурсів (природних, вторинних та інших) та визначенню впливу виробництва на навколишнє середовище. Екологічний паспорт підприємства представляє комплекс даних, що виражені через систему показників, які відображають рівень використання підприємством природних ресурсів та міру його впливу на навколишнє середовище. Екологічний паспорт розробляє підприємство за рахунок власних коштів й затверджує керівник підприємства за узгодженням з місцевою владою й державним управлінням екологічної безпеки, де він реєструється.

Основою для розробки екологічного паспорта є основні показники виробництва, проекти розрахунків гранично допустимих викидів (ГДВ), норми гранично допустимих стоків (ГДС), дозвіл на природокористування, паспорта газо- й водоочисних споруд та установок по утилізації й використанню відходів, форми державної статистичної звітності та інші нормативні й нормативно-технічні документи.

Структура й зміст екологічного паспорта підприємства визначаються державним стандартом. Екологічний паспорт підприємства включає розділи, які розміщуються в такій послідовності:

- титульний аркуш;
- загальні відомості про підприємство та його реквізити;
- коротка природно-кліматична характеристика району розміщення підприємства;
- короткий опис технології виробництва й відомості про продукцію, балансова схема матеріальних потоків;

- відомості про використання земельних ресурсів;
- характеристика сировини, матеріальних й енергетичних ресурсів, що використовуються;
- характеристика викидів в атмосферу;
- характеристика водоспоживання та водовідведення;
- характеристика відходів;
- відомості про рекультивацію земель;
- відомості про транспорт підприємства;
- відомості про еколого-економічну діяльність підприємства.

Загальні відомості про підприємство та його реквізити включають: його назву; міністерство чи відомство; адресу, телекс, факс; прізвище, ім'я та по-батькові та телефон директора, головного інженера і відповідального за охорону природи; номери банківських рахунків та назву банку; назву й адресу проектувальника; назву та реквізити організації, що контролює.

Коротка природо-кліматична характеристика району розміщення підприємства включає: характеристику кліматичних умов; характеристику фонові концентрації атмосфери; характеристику джерел водозабору й прийомників стічних вод; фоновий хімічний склад води водних об'єктів.

Характеристика виробництва та його продукції включає: перелік цехів та їх установлену потужність; назву організації; назву продукції, яка випускається, її код та обсяги планові та фактичні; балансову схему матеріальних потоків.

Характеристика використання земельних ресурсів включає: відвід земель на постійне користування під будівлі й споруди основного та допоміжного виробництва й адміністративно-побутового призначення з твердим покриттям; сховища і накопичувачі стічних вод; водозгони та озеленення; санітарні захисні зони; відвід земель на тимчасове користування під склади будівельних матеріалів; дороги, трубопроводи, лінії електропередач та інші постійні споруди.

Характеристика сировини, матеріальних й енергетичних ресурсів, що використовуються, включає їх назву, хімічний склад та витрати; витрати на вид виробництва продукції електроенергії й газу, мазуту, вугілля та витрати теплової енергії від власної котельні за рахунок вторинних ресурсів.

Характеристика викидів в атмосферу відображає склад, якість й кількість вмісту забруднюючих атмосферу речовин, що є в викидах підприємства. Характеристика джерел виділення й викидів шкідливих речовин відображує параметри джерела викиду (висота, поперечний переріз або діаметр, довжина), назву шкідливої речовини та її кількість, назву пило-газо-вловлювальної установки та її коефіцієнт корисної дії,

капітальні затрати на газоочистку, одноразові максимальні та річні сумарні викиди шкідливих речовин.

Характеристика водоспоживання, водовідведення, стан водоочисних споруд відображає обсяги, питомі нормативи, склад, якісні та кількісні значення вмісту забруднюючих речовин в стічних водах підприємства. Також вказується час, обсяги й склад залпових та аварійних викидів забруднюючих речовин, в тому числі в ґрунт, водні об'єкти, каналізаційні мережі, на очисні споруди, відстійники, окремі резервуари тощо.

Характеристика відходів, перелік полігонів та накопичувачів, що призначені для захоронення приводиться по кожній шкідливій речовині з врахуванням їх очистки. Наводяться їх фізико-хімічна характеристика, кількість, що передана іншим підприємствам, використано на підприємстві, знешкоджено, захоронено, причини невикористаних відходів, параметри полігонів й накопичувачів, що призначені для захоронення відходів.

Відомості про рекультивацию порушених земель та зняття порушеного шару ґрунту, що включають розміри ділянок під пашнею та іншими угіддями, під лісовими посадками, під водосховищами, а також обсяги земляних робіт при знятті ґрунту й рекультивации.

Відомості про транспорт підприємства наводять, включаючи внутрізаводський. Вказують види транспорту, кількість власного та того, що заїжджає, середній річний пробіг на одиницю транспорту та загальний пробіг, характеристику його технічного стану. Наводять дані про питомі та річні викиди оксиду вуглецю, вуглеводних, оксиду азоту та парів палива, тетраетил свинцю, сажі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

1. Охарактеризуйте складові частини атмосфери.
2. Мета та функції моніторингу атмосферного повітря.
3. Перерахуйте основні забруднювачі атмосфери.
4. Фізичні властивості пилу.
5. Основні характеристики газів.
6. Наслідки забруднення атмосферного повітря.
7. Класифікація підприємств по мірі їх дії на навколишнє середовище.
8. Екологічні вимоги до об'єктів господарської діяльності.

2. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РІВНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

2.1. Мета і види обстеження

Обстеження стану забруднення атмосферного повітря виконують з метою виявлення кількості шкідливих інгредієнтів; встановленню їх впливу на довкілля та здоров'я людей; розробки організаційно-технічних заходів по охороні навколишнього середовища.

Обстеження виконують трьох видів: оперативне, епізодичне та комплексне.

Оперативне обстеження виконується за спеціальною програмою для визначення різкого погіршення якості повітря.

Епізодичне обстеження виконується для приблизної оцінки стану забруднення повітря та вибору місця для стаціонарного поста.

Комплексні обстеження організовуються для кількісної оцінки стану атмосфери, детального вивчення особливостей і причин високого рівня концентрації забруднюючих речовин, для визначення метеорологічних особливостей розповсюдження домішок в атмосфері, впливу на здоров'я людей і довкілля та розробки заходів по їх усуненню.

Для врахування можливих змін погоди та забезпечення достатньої надійності висновків спостереження за станом забруднення виконують в різні періоди протягом двох-трьох років. Основні етапи комплексного обстеження:

- попереднє ознайомлення з об'єктом;
- проведення спеціальних експериментальних робіт;
- виконання метеорологічних спостережень;
- обстеження повітряного басейну промислового району;
- обробка та аналіз матеріалів.

При попередньому обстеженні з об'єктом виконують такі заходи:

- вивчення загальної фізико-географічної характеристики району; розміщення основних джерел забруднення житлових і промислових районів, водних об'єктів;

- оцінка загального рівня забруднення по існуючих матеріалах;
- ознайомлення з основними принципами технології виробництва, а також з кількісною характеристикою викидів шкідливих речовин за всіма інгредієнтами, умовами переносу й розсіювання викидів та їх стабільністю протягом доби;

- з'ясування з іншими організаціями питань про спільне виконання обстежень.

За результатами попередніх обстежень складають програму комплексних експериментальних робіт обстеження стану атмосфери, що включає:

- визначення хімічного складу атмосферного повітря за даними стаціонарних й маршрутних постів та підфакельних спостережень;
- визначення параметрів викидів;
- оцінка рівня забруднення пересувними джерелами викидів;
- спостереження за метеорологічним режимом;
- визначення хімічного складу опадів;
- медико-біологічне обстеження території, а саме: стан здоров'я та показники захворювання людей, дія забруднюючих речовин на рослини, тварини та ґрунти.

2.2. Організація спостережень за рівнем забруднення атмосфери

Для оцінки рівня забруднення повітря створюється мережа постів. Пост - це місце в населеному пункті, на якому розміщено автомобіль або павільйон з відповідним обладнання для реєстрації інгредієнтів, що забруднюють повітря. Пости спостережень є трьох категорій: стаціонарні, маршрутні та пересувні (підфакельні).

Стаціонарний пост забезпечує неперервну реєстрацію забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

Маршрутний пост призначений для регулярного відбору проб, коли немає можливості встановити стаціонарний, або необхідно детально вивчити характер забруднення якого-небудь району міста.

Пересувний пост влаштовують з метою вивчення характеру розповсюдження шкідливих викидів від окремих джерел в залежності від метеорологічних умов та оцінити вплив цих джерел на забруднення атмосферного повітря.

Точність аналізу відібраної проби суттєво залежить від місця розміщення поста спостереження. Вибору місця розміщення постів передус проведення попередніх маршрутних спостережень за рівнем забруднення повітря в різних районах населеного пункту. Для отримання повної та якісної інформації про забруднення атмосферного повітря стаціонарні пости доцільно розміщувати в кварталах жилої забудови та в районах промислових підприємств, де найбільші викиди шкідливих речовин.

Обов'язково розміщують пости на територіях, що розміщені близько до дорожніх магістралей з інтенсивним рухом транспорту. Для порівняльної оцінки один із стаціонарних постів розміщують в зоні відносно чистого повітря.

Місцезаповнення стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосфери вибирається спільно з гідрометеорологічною та санітарно-епідеміологічною службою й узгоджується з головним архітектором міста. При виборі місця розташування постів особливу увагу звертають на наявність джерел викидів та їх потужність, частоту викидів та характер шкідливих речовин, розміщення магістралей з інтенсивним рухом транспорту. Число стаціонарних постів залежить від кількості населення, площі населеного пункту, рельєфу місцевості, характеру та рівня розвитку промисловості (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Рекомендації щодо кількості постів

Чисельність населення, тис.чол.	до 50	50 - 100	100 - 200	200 - 500	500-1000	Більше 1000
Кількість постів	1	2	2...3	3...5	5...10	10...20

На стаціонарних постах установлені чотири програми спостереження за рівнем забруднення повітря: повна, неповна, скорочена та добова. Спостереження за повною програмою виконують щоденно чотири рази на добу о 1, 7, 13 та 19 годині. Повна програма виконується для отримання оперативної інформації про рівні забруднення атмосферного повітря та даних про середньодобові концентрації основних забруднюючих речовин. Спостереження за неповною програмою виконують щоденно три рази на добу - о 7, 13 та 19 годині. Неповна програма виконується для отримання оперативної інформації про разові концентрації забруднюючих речовин. Спостереження за скороченою програмою за основними забруднюючими речовинами виконують щоденно два рази на добу - о 7 та 13 годині в районах з низьким рівнем забруднення повітря. Добові спостереження виконують для отримання інформації про середньодобові концентрації інгредієнтів при неперервному відборі проб протягом доби.

Спостереження за рівнем забруднення атмосфери виконують у всі пори року незалежно від метеорологічних умов: а саме напрям і швидкість вітру; зовнішня температура повітря; відносна вологість; стан погоди та підстилаючої поверхні. За несприятливих метеорологічних умов, тобто туман чи тривалі інверсії температури, спостереження за якістю повітря виконують кожні три години.

Маршрутні спостереження виконують в випадках, коли стаціонарних постів в місті недостатньо або необхідно більш детально вивчити будь-який район міста. Маршрутним постанам присвоюється порядковий номер і їх місцезположення наноситься на план міста. Спостереження на маршрутних постах виконують за допомогою пересувної лабораторії, яка за зміну відбирає 8-10 проб повітря двічі в 4-5 пунктах. Оскільки відбір проб виконують неодноразово, то порядок об'їзду маршрутів змінюється так, щоб проби на кожному маршруті відбиралися в різні години доби.

Підфакельні спостереження проводять з метою отримання даних про розповсюдження шкідливих речовин від окремих джерел викидів в залежності від метеорологічних умов та оцінки впливу цих джерел на забруднення атмосфери. Спостереження під факелом виконують за типовими інгредієнтами для даних підприємств. Відбір проб повітря виконують послідовно за напрямком вітру на різних відстанях від джерела викидів: 0,2-0,5; 1-2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 та 20 км. Для контролю вимірювань відбирають проби повітря також з підвітряної сторони на деякій відстані від джерела. Найбільш важливим є вимірювання на відстані, що дорівнює 10-40 висотам труб. В цій зоні, де очікується максимальна концентрація домішок, відбирають 50-60 проб повітря по кожному інгредієнту. Напрямок факелу визначають візуально по характеру розповсюдження диму або запаху. Відбір проб виконують на висоті 1,5 м протягом 20-30 хвилин з інтервалом 10 хвилин між відборами.

При спорудженні промислових об'єктів програмою оцінки рівня забруднення повітря передбачаються спостереження за вмістом в атмосфері корозійно-активних домішок. Особливо це має суттєве значення при будівництві на засолених ґрунтах та поблизу водних поверхонь. Причиною корозійної активності є наявність в повітрі хлоридів та діоксиду сірки. Спостереження за вмістом в атмосфері корозійно-активних домішок проводять за допомогою постів. Проби повітря відбирають один раз на добу на висоті 1,5; 10; 30; 40 м від землі протягом 90 хвилин. За даними аналізу проб визначають інтенсивність випадання хлоридів на поверхню землі за формулою:

$$U = 8,64 \cdot 10^4 C_x (0,048 v + \omega) \text{ мг/м}^2 \text{ добу,} \quad (2.1)$$

де C_x - середньомісячна концентрація хлоридів у повітрі, мг/м³;

v - середньомісячна швидкість вітру на рівні флюгера, м/с;

ω - швидкість гравітаційного випадання хлоридів, м/с.

В залежності від концентрації хлоридів і діоксиду сірки атмосферу по корозійній активності класифікують на умовно чисту, промислову, морську та приморсько-промислову.

2.3. Спостереження за рівнем забруднення атмосфери викидами автотранспорту

Дослідження рівня забруднення повітря викидами автотранспорту виконується як в комплексі з вивченням забруднення, що обумовлено викидами промислових джерел, так і окремо. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря на автомагістралях і прилеглий до них житловій забудові ґрунтується на натурних спостереженнях за концентрацією в викидних газах автотранспорту таких компонентів: оксиду вуглецю, вуглеводних, оксидів азоту, акролеїну, формальдегіду, з'єднань свинцю та продуктів фотохімічних перетворень.

Програма дослідження характеру забруднення повітря автотранспортом передбачає:

- визначення максимальної концентрації викидів, періодів їх виникнення при різних метеорологічних умовах й інтенсивності руху автотранспорту;

- визначення границь зон і характеру розподілу шкідливостей в залежності від віддалення від автомагістралей;

- визначення особливостей розповсюдження шкідливих викидів в житлових кварталах і зелених зонах, що прилягають до автомагістралей.

Пункти спостереження вибирають безпосередньо на міських вулицях і районах з інтенсивним рухом транспорту, а саме:

- на ділянках вулиць до і після світлофору, а також на інших ділянках, де автомобілі при гальмуванні викидають найбільшу кількість шкідливих домішок;

- в місцях накопичення шкідливих домішок, де вони погано розсіюються внаслідок архітектурно-планувальних особливостей;

- в зонах перетину двох та більше вулиць з інтенсивним рухом транспорту.

Точки спостережень розміщують на тротуарі або середині проїзної частини дороги. На вулицях, що перетинають основну магістраль, пункти спостереження розміщують з краю тротуару і на відстані, яка дорівнює 0,5 ширини магістралі та перевищує її в 2 і 8 разів.

Інтенсивність руху на ділянках дорожніх магістралей визначають по категоріях автомобільного транспорту: легкові та вантажні автомобілі, автобуси, автомобілі та автобуси з дизельними та бензиновими двигунами; мотоцикли. Інтенсивність руху визначають щоденно протягом 2-3 тижнів в період з 5-6 години ранку до 21-23 години вечора, а на транзитних магістралях протягом доби. Середня швидкість руху транспорту визначається за показами спідометра автомобіля, що рухається в потоці транспортних засобів по даній автомагістралі на ділянці довжиною 0,5...1,0 км. За результатами натурних досліджень обчислюють середнє значення інтенсивності руху автотранспорту протягом доби в кожній точці вимірювань.

При обстеженні стану забруднення атмосфери викидами автотранспорту виконують також метеорологічні спостереження в вибраних пунктах та на метеостанції, яка розміщена за містом. При метеорологічних спостереженнях визначають різницю температури, вологість повітря й швидкість вітру на рівнях 0,5 й 1,5 м від поверхні землі.

2.4. Проведення метеорологічних спостережень

Для визначення впливу метеоумов на характер забруднення атмосфери необхідні дані про швидкість та напрям вітру, температуру й вологість повітря, число днів з атмосферними явищами (туман, імла, хуртовини, опади), кількість опадів та хмарність, тривалість сонячного сьйва. Установлення зв'язків виконують на основі відповідних середніх даних за місяць або за погодними умовами та протягом доби при достатній статистичній забезпеченості.

Програмою метеорологічних спостережень передбачаються також спеціальні актинометричні вимірювання за прямою й розсіяною радіацією. Ці дані необхідні для кількісної характеристики аерозольного стану атмосфери. Градієнтні і теплобалансові спостереження виконують для визначення значень вертикального коефіцієнта турбулентності на висоті один метр, які використовують при розрахунках розсіювання домішок в атмосфері. Температуру й вологість повітря вимірюють аспіраційними психрометрами, які встановлені на висоті 0,5 та 1,5 м від

землі. Параметри вітру заміряють за допомогою дистанційних приладів М-47, М-49, М-63, а також ручних анемометрів МС-13. Актинометричні спостереження виконують за допомогою актинометра М-3.

Для отримання даних про детальний розподіл на території міста температури й вологості повітря, швидкості й напрямку вітру організовують мікрометеорологічні зйомки. Їх виконують кожний сезон, як правило, при стійкому стані погоди, добовими серіями (по три на сезон). Пункти по території міста розміщують по можливості рівномірно, так щоб один пункт був на площі 5...15 км². Для визначення температури, швидкості й напрямку вітру до висоти 1,5...2,0 км виконують вертикальне зондування атмосфери з використанням радіозондів, літаків тощо.

Як чутливий індикатор для вивчення перенесення домішок від джерела забруднення використовують спостереження за опадами. Аналіз даних про хімічний склад опадів дозволяє визначити зону впливу міста або промислового району на сусідню територію, а також місця з фоновим рівнем забруднення.

2.5. Обробка та аналіз матеріалів

Як характеристика рівня забруднення по кожному інгредієнту є середнє значення концентрації $C_{\text{ср}}$ за вибраний період часу та його середнє квадратичнє відхилення σ_c , максималнє значення концентрації C_m за вибраний період часу, а також частота виникнення в період, який розглядається, концентрацій визначених границь, яку прийнято описувати повторністю вище гранично допустимой концентрації P . За основний період, за який визначають ці характеристики, приймають місячний інтервал часу. Крім місячного інтервалу, характеристики забруднення можуть визначатись за добу або декаду, а також при різних синоптичних ситуаціях: ясній або похмурій погоді, при сильному або слабкому вітрі, після випадання опадів тощо.

Обробка даних, тобто отримання значень $C_{\text{ср}}$, σ_c , C_m , P , виконується по окремих пунктах спостережень.

Якщо необхідні результати по окремому району, то розрахунки характеристик виконують складанням даних спостереження на всіх постах даного району. Результати аналізу матеріалів про забруднення атмосферного повітря представляють у вигляді таблиць, графіків та картосхем:

- порівняльної характеристики значень C_{cp} , σ_c , C_m , P по окремих інгредієнтах, пунктах і по всьому району за окремі місяці року й по всіх спостереженнях;

- порівняльної характеристики значень C_{cp} і C_m за погодними умовами в тому числі по окремим метеорологічним факторам й синоптичним ситуаціям;

- графіки зміни характеристик забруднення протягом доби й місяця;

- графіки зв'язку характеристик забруднення C_{cp} й C_m та метеорологічних параметрів, особливості швидкості й напрямку вітру, опадів, приземних інверсій, туманів;

- картосхеми розподілу значень C_{cp} й C_m на територію району в окремі періоди спостереження, що характерні за умовами погоди та викидами;

- таблиці характеристик забруднення на окремих пунктах при різних викидах.

Доцільно представляти на картосхемах розподіл максимальних значень концентрацій від викидів різними джерелами при напрямі вітру на житлові райони міста і при різних метеорологічних умовах.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

1. Дайте характеристику видам обстеження стану забруднення атмосфери.
2. Назвіть основні етапи робіт при комплексному обстеженні.
3. Склад програми експериментальних робіт при обстеженні стану атмосфери.
4. Організація стаціонарних постів для спостереження за рівнем забруднення атмосфери.
5. Особливості маршрутних та підфакельних спостережень за станом атмосферного повітря.
6. Охарактеризуйте спостереження за вмістом в атмосфері корозійно-активних домішок.
7. Склад програми та видів робіт при визначенні рівня забруднення атмосфери викидами автотранспорту.
8. Які метеорологічні спостереження виконують при комплексному обстеженні стану атмосфери?
9. Які характеристики забруднення визначають при обробці результатів комплексного обстеження стану атмосфери.

3. МЕТОДИ Й ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВІДБОРУ ПРОБ ПОВІТРЯ

3.1. Загальні відомості про методи вимірювання шкідливих речовин в атмосфері

У зв'язку із зростанням антропогенного впливу на атмосферу як складового елемента біосфери виникла проблема нормування та контролювання цього впливу з метою збереження високої якості атмосфери та спроможності її відтворення до природного стану.

Критерії високої якості навколишнього середовища:

- середовище дає можливості для сталого існування й розвитку історично виниклої, створеної або перетвореної людиною екосистеми;
- відсутні інші й не загрожують в майбутньому постійно або тимчасово несприятливі наслідки для популяції, що перебуває в даній екосистемі.

Концентрація більшості атмосферних забруднювачів дуже низька, тому точне визначення її в повітрі є складною задачею. Розповсюдженими забруднювачами атмосферного повітря є оксид вуглецю, діоксид сірки, оксид й діоксид азоту та пил. За цими компонентами ведуть регулярні спостереження на стаціонарних, маршрутних й підфакельних постах.

Метод контролю запиленості повітря вибирають в залежності від стану пилу. Після осідання пилу запиленість повітря контролюють методами: ваговим, п'єзоелектричним, радіоізотопним, зарядно-контактним, оптичним та уловлюванням водою. При знаходженні пилу в підвишеному стані запиленість повітря контролюють індукційним, акустичним та оптичним методами.

Концентрацію шкідливих речовин в атмосферному повітрі визначають методами хімічного аналізу. Найбільш поширені методи мікроколіметрії, суть яких полягає в аспіраційному відборі проб атмосферного повітря, наступному аналізі відібраних проб й обробці даних. Хімічні методи реалізуються апаратурою для відбору проб повітря й апаратурою для лабораторного аналізу цих проб.

Недоліки хімічних методів: значні витрати часу на відбір проб та їх аналіз, що приводить до запізнення в отриманні необхідної інформації про забруднення атмосферного повітря. Вони також не дозволяють виконувати безперервний аналіз забруднення.

Автоматичні газоаналізатори дозволяють вести безперервний контроль забруднення атмосфери за окремими інгредієнтами. Принцип роботи газоаналізаторів полягає в використанні таких фізико-механічних методів дії на визначену речовину в потоці повітря через реакційну камеру, в результаті яких відбуваються специфічні реакції з виділенням різних видів енергії. Енергія перетворюється в електричний сигнал, що пропорційний кількості речовини, яка вимірюється.

При хімічному методі кількісний аналіз забруднюючих речовин виконують після їх концентрації, яка відбувається шляхом протягування повітря, що аналізується, через поглинальні пристрої або фільтри.

Структурна схема пристрою для відбору проб наведена на рис. 3.1.

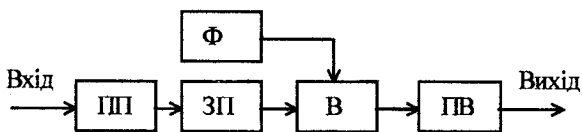


Рис. 3.1. Структурна схема пристрою для відбору проб

Пристрій для відбору проб повітря включає: поглинальний прилад (ІПП), який заповнений поглинальним розчином; захисний патрон (ЗП), щоб не попадали бризки з ІПП; фільтр (Ф); витратомір (В); побудник витрат (ПВ).

3.2. Поглинальне обладнання

Кількісний аналіз шкідливих домішок в атмосферному повітрі проводиться після концентрування шляхом пропускання певного об'єму газової суміші через рідкий або твердий поглинач або аерозольний фільтр. В якості поглинального обладнання використовують рідинні поглинальні прилади, сорбційні трубки та фільтри.

Рідинні прилади. Речовини в газо- й пароподібному стані вловлюються рідинними поглинальними середовищами, до яких відносяться дистильована вода, органічні розчини або спеціальні поглинальні розчини. Повинно поглинатись не менше 95% речовини, вміст якої визначається.

Найбільше поширені U - подібний прилад з пористою скляною пластинкою (рис.3.2.а) та прилад Ріхтера (рис. 3.2.б), що виготовляються з інертного матеріалу по відношенню до речовин, які досліджуються.

U - подібний поглинальний прилад (див.рис.3.2.а) виготовлено з скляних трубок більшого 1 та меншого 2 діаметрів, на яких є мітка 3. В трубці більшого діаметра 1 розміщено фільтр 4, який виготовлений у вигляді пластини зі скла з різними за розмірами порами. Повітря за допомогою пористої пластини 4 розбивається на безліч мілких бульбашок, що забезпечує більшу поверхню дотику з поглинальним середовищем. Відбір проб U - подібним поглинальним приладом відбувається при об'ємі протягування повітря до $0,18 \text{ м}^3/\text{с}$.

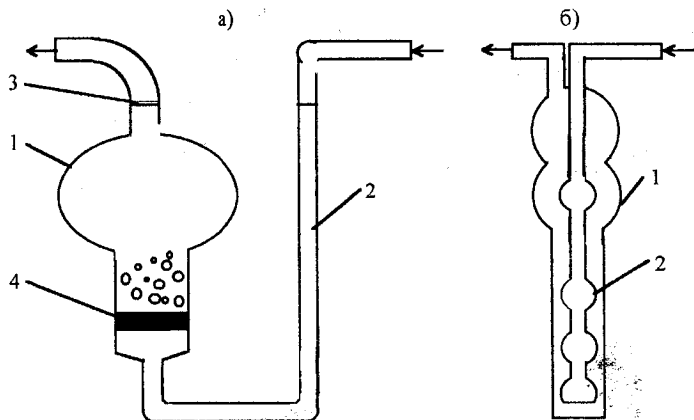


Рис. 3.2. Рідинні прилади: а) U - подібний; б) прилад Ріхтера.

Поглинальний прилад Ріхтера (див. рис. 3.2.б) виконаний як скляна посудина 1, в середині якої розміщена скляна циліндрична трубка з розширювачем 2. Відбір проб приладом Ріхтера виконують при об'ємі протягування повітря до $0,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

Недоліками рідинних приладів є невелика швидкість відбору проб, замерзання розчину та крихкість приладу.

Сорбційні трубки. Найбільш ефективним поглинальним пристроєм концентрації шкідливих речовин є сорбційні трубки (рис. 3.3), що виготовляються із скла. Довжина сорбційної трубки 170 мм та діаметр 8...10 мм.

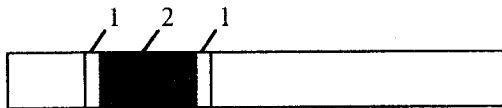


Рис. 3.3. Сорбційна трубка

Сорбційні трубки включають перфоровані скляні пластини 1 та скляні гранули-носії 2, що покриті невисихаючими плівками спеціального розчину - сорбенту ($d = 1...2$ мм). Об'єм прокачування повітря $1,2$ м³/с.

Після відбору проб повітря, поглинальні прилади та сорбційні трубки герметично закривають. Оберігають їх від дії світла на проби SO₂, H₂S, CS. Зберігають проби при температурі не вищій за 25°C, а проби на SO₂ і H₂S розміщують в холодильнику.

3.3. Фільтри й фільтроутримувачі

Рідинні поглиначі й сорбційні трубки не придатні для відбору проб аерозолів. Для уловлення токсичних речовин в вигляді високодисперсних аерозолей, що знаходяться в димах, туманах й пилу, використовують фільтруючі матеріали: щільні паперові, мембранні скловолокнисті фільтри, ультратонкі волокнисті полімерні /тканини Петрянова/ (рис. 3.4.а). Ці тканини дозволяють досягнути швидкості аспірації $6...12$ м³/с.

Для відбору проб використовують фільтроутримувачі, в якому розміщують фільтр (рис. 3.4.б).

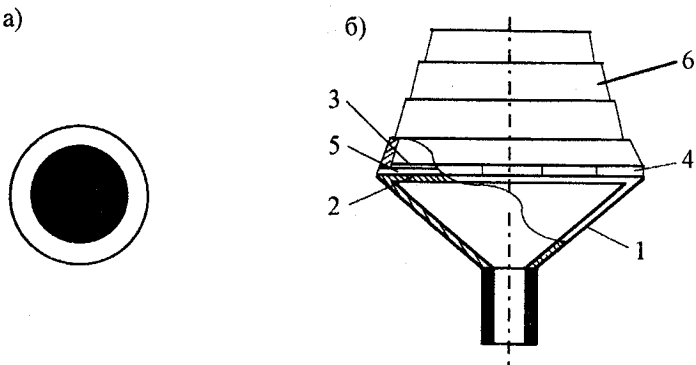


Рис. 3.4. Фільтр (а) та фільтроутримувач (б).

Фільтроутримувач (див. рис. 3.4.б) має корпус 1, що виконаний із фторопласту, алюмінію чи пластмаси та має конусоподібну форму. На корпусі 1 закріплено сітку 2, прижимне кільце 3 та накидну гайку 4. На сітці 2 розміщують фільтр 5. На фільтроутримувачі з фільтром 5 розміщують конусну насадку 6, що має чотири конуси з різними діаметрами.

Діаметр ($d = 25; 35; 45; 55$) насадки залежить від швидкості аспірації й вітру. Чим більша швидкість вітру, тим менший діаметр насадки. Кіль-

кість поглинених домішок визначають визначенням маси фільтра до та після протягування повітря, що аналізується.

3.4. Витратоміри

Точність визначення концентрації речовини визначається похибкою обліку об'єму повітря, що проходить через поглинальне приладдя. Достатню точність дозволяють отримати такі витратоміри як реометри, ротаметри та газові лічильники.

Реометри. Конструктивна схема реометра наведена на рис. 3.5, включає U - подібну манометричну трубку 1, верхні частини якої з'єднанні між собою горизонтальною манометричною трубкою 2. Всередині горизонтальної трубки 2 вмонтовано діафрагму з каліброваним отвором 3. Рівень рідини в U - подібній трубці 1 контролюють шкалою рівня рідини 4.

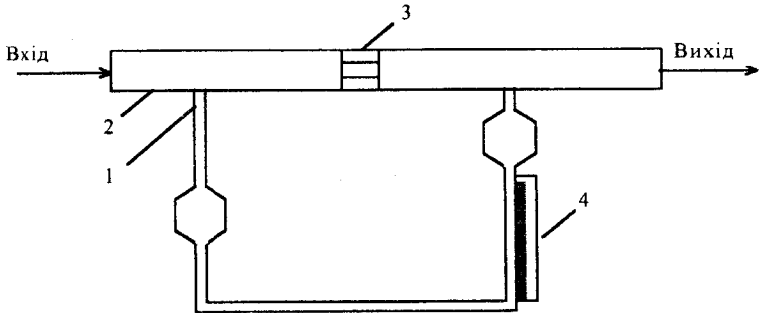


Рис. 3.5. Конструктивна схема реометра

На вході горизонтальної манометричної трубки 2 приєднують поглинальний прилад, а на виході - побудник витрати.

При відсутності повітряного потоку рівень рідини в обох колінах манометричної трубки однаковий. Коли потік повітря протікає через горизонтальну трубку 2, то перед діафрагмою 3 утворюється зона підвищеного тиску, а за нею - зона пониженого тиску. В зв'язку з цим рівень рідини в лівому коліні U - подібної манометричної трубки 1 понизиться, а в правому підніметься. Різниця рівнів визначається за допомогою шкали 4 реометра, яка градується за допомогою контрольного витратоміра.

Ротаметри. Використовують для визначення витрати газу за умови індивідуального градування на даний газ. Принципова схема ротаметра наведена на рис. 3.6 і включає конусну трубку 1, в якій розміщено поплавки 2 та шкалу 3.

Принцип дії ротаметра ґрунтується на сприйманні поплавком 2 динамічного тиску газу, що проходить знизу вверху по конусній трубці 1.

При підйманні поплавок 2 прохідна щілина між найменшим діаметром поплавка й внутрішнім діаметром трубки 1 збільшується. В результаті перепад тиску на рівні поплавка 2 зменшується. Коли перепад тиску стає рівним масі поплавка, що випадає на одиницю поперечного перерізу, настає рівновага. При цьому кожному положенню поплавка 2 відповідає значення витрати газу, що визначають за шкалою 3.

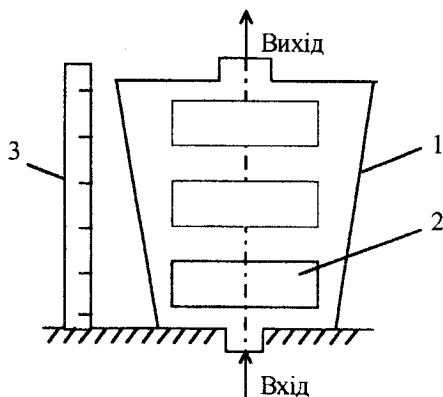


Рис. 3.6. Принципова схема ротаметра

Лічильники газу. Лічильник газовий барабанний ГСБ-400 використовується для вимірювання незначних об'ємів неагресивних газів та для градування ротаметрів й електроаспіраторів. Межі вимірювання витрати повітря 0,02...0,6 м³/год, а похибка $\pm 1\%$.

Принципова схема газового барабанного лічильника, яка наведена на рис. 3.7, включає корпус, ротор та відліковий пристрій. Корпус 1 виконано в вигляді циліндра з передньою та задньою кришками, ротор 2 в вигляді барабана, який поділений похилими лопастями 3 на чотири камери А, Б, В та Г. Циліндр корпусу 1 заповнено запірною рідиною 4, в якості якої використовується чиста вода, контроль за рівнем якої виконує водомірний пристрій. Між стінкою корпусу 1 та дном барабана ротора 2 розміщена газорозподільча камера 5. До корпусу приєднано вхідний штуцер 6 та вихідний штуцер 7.

Лічильник працює таким чином. Газ через вхідний штуцер 6 поступає в газорозподільчу камеру 5, а звідти - в з'єднану з нею вимірювальні камери А й Г ротора 2. Внаслідок підвищення тиску газу на перегородки зі сторони входу ротор 2 починає обертатися. Вимірювальні камери Б й В

занурюються в запірну рідину. Газ витісняється в простір корпусу 1 над ротором, що з'єднаний з вихідним штуцером 7. При подальшому обертанні ротора 2 будуть заповнюватися газом вимірювальні камери В й Г, а камери А й Б будуть звільнятися від нього. Таким чином, за один оберт ротор 2 витісняє кількість газу, яка рівна об'єму чотирьох вимірювальних камер.

Відліковий пристрій, що має роликівий лічильник й показник у вигляді стрілки, дозволяє реєструвати об'єм газу.

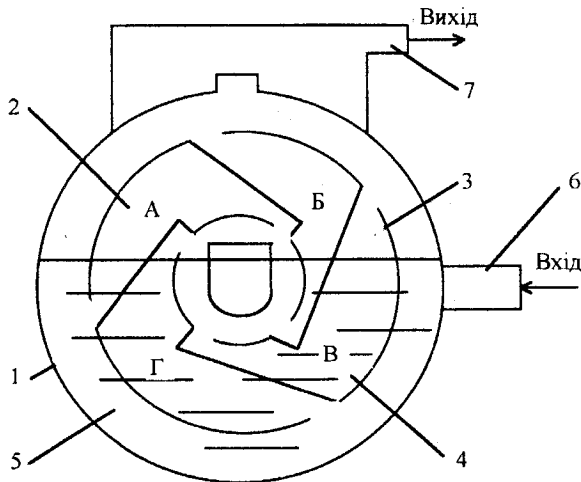


Рис. 3. 7 . Принципова схема газового лічильника

3.5. Побудники витрати та електроаспіратори

Як побудники витрати повітря використовуються побутові пирососи, компресори, ротаційні й вібраційні насоси. Потужність побудника та розрідження, що ним утворюється, повинні забезпечувати необхідну швидкість аспірації повітря.

При відборі проб пилу, коли необхідні великі швидкості аспірації, що перевищують $6 \text{ м}^3/\text{с}$, використовуються побутові електропилососи. Їх центробіжні вентилятори високого тиску створюють розрідження не менше 1300 мм водяного стовпа.

При відборі проб повітря на газові інгредієнти, коли швидкості аспірації не перевищують $0,6 \text{ м}^3/\text{с}$, використовуються ротаційні побудники витрати повітря - електроаспіратори.

Для разового або безперервного відбору проб повітря в автоматичних газоаналізаторах й хроматографах використовуються мембранні вібраційні насоси.

3.5.1. Електроаспіратори з ротатійним побудником витрати моделей ЕА-1А, ЕА-1,822

Функціональна схема чотирьохканального електроаспіратора, що наведена на рис. 3.8, включає ротатійну повітродувку 1 з електродвигуном 2. До повітродувки 1 підключено чотири ротаметри 3, що забезпечують відбір проб повітря одноразово по чотирьох каналах. До вхідних штуцерів 4 через захисні патрони 5 підключаються поглинальні прилади 6 в вигляді фільтроутримувачів з фільтрами. Для регулювання витрати повітря в каналах передбачені вентилялі 7. Регулювання розрідження повітродувки 1 виконується розвантажувальним каналом 8.

Електроаспіратор працює таким чином. Під дією побудника витрати 1 в системі створюється розрідження. В результаті чого атмосферне повітря всмоктується через поглинальні прилади 6, проходить через захисні патрони 5 й викидається в атмосферу через побудник витрати.

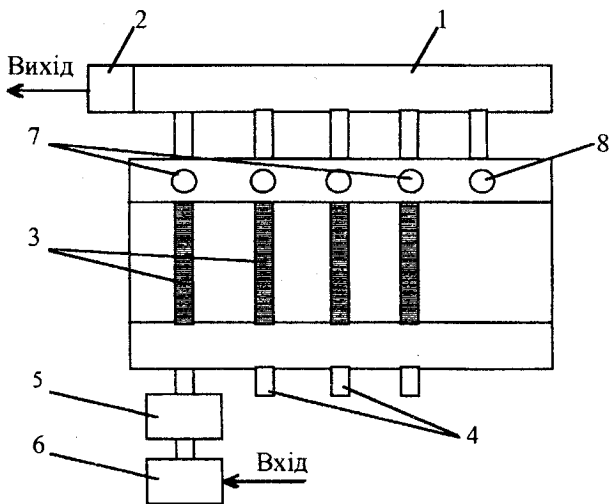


Рис. 3.8. Функціональна схема чотирьохканального електроаспіратора

Характеристика електроаспіраторів

№	Параметри	822	EA-1	EA-2
1.	Відбір проб повітря, м ³ /с 1-й та 2-й канали, 3-й та 4-й канали	0,006...0,12 0,06...1,2	0,015...0,06 0,06...0,24	9... 15
2.	Сумарні витрати повітря, м ³ /с	0,48	0,48	15
3.	Похибка, %	10	10	6

3.5.2. Електроаспіратор з вентиляційним побудником витрати EA-2

Призначений для аспіраційного відбору проб пилу з атмосферного повітря з метою наступного гравіметричного й спектрального аналізу. Може також використовуватися для контролю забруднення атмосфери викидами промислових підприємств. Максимальні витрати повітря 9...15 м³/с з похибкою $\pm 6\%$.

Функціональна схема електроаспіратора (рис. 3.9) включає побудник витрати 1, в якості якого використовується пилосос; забірний пристрій 2 в вигляді шлангу з фільтроутримувачем; витратоміра 3 та пульта управління 4.

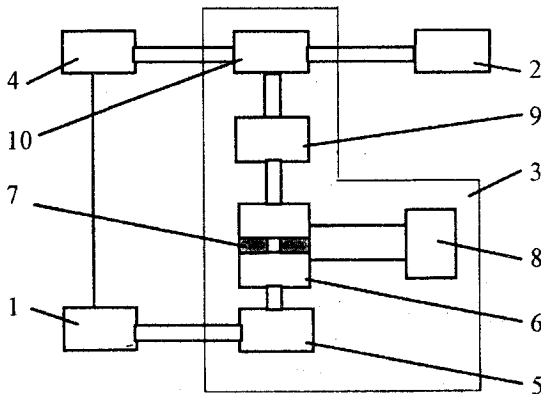


Рис. 3.9. Функціональна схема електроаспіратора EA-2

Витратомір 3 обладнаний дросельним пристроєм 5, дросельним пристроєм 6 в вигляді розтруба, в циліндричній частині якого вмонтована

діафрагма з каліброваним отвором, тяготискоміром 8 для вимірювання перепаду тиску перед діафрагмою, газовим лічильником 9 та нагрівачем 10. Тяготискомір 8 призначений контролювати швидкість аспірації в процесі відбору проб. Нагрівач 10 призначений підтримувати в витратомірі необхідний тепловий режим в межах $+20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Прилад може працювати в автоматичному або ручному режимі. Електроаспіратор працює таким чином. За допомогою пилососа 1 через систему електроаспіратора протягується повітря з швидкістю, що регулюється дросельним пристроєм 6 й контролюється тяготискоміром 8. При проходженні повітря через фільтр 2 на ньому осідає пил.

3.5.3. Конструктивні особливості інших електроаспіраторів

Повітровідбірник “Компонент” призначений для аспіраційного відбору проб атмосферного повітря з використанням поглинальних пристроїв. Прилад забезпечує цілодобовий відбір проб повітря циклами від 5 до 24 годин. Протягом циклу прилад забезпечує восьмиразовий відбір проб повітря по чотири компоненти одночасно. Тривалість відбору проби від 5 до 30 хвилин. Діапазон вимірювання витрати повітря може мінятися відповідно до вимог методу визначення компоненту, що аналізується. Похибка вимірювання не перевищує 5%.

Електроаспіратор ЕА-2с призначений для аспіраційного відбору проб пилу з атмосферного повітря з метою наступного графіметричного й фізико-хімічного аналізів. Прилад одноканальний, як побудник витрати повітря використовується вихровий вентилятор. Максимальні витрати $7,5 \text{ м}^3/\text{с}$, а мінімальні - $4,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Похибка вимірювання об'єму повітря $\pm 5\%$. Електроаспіратор може працювати в ручному й автоматичному режимі.

Електроаспіратор ЕА-3 призначений для безперервного й циклічного відбору добової проби пилу з атмосферного повітря аспіраційним методом з метою наступного фізико-хімічного аналізу важких металів та канцерогенних речовин. Конструкція включає фільтроутримувач з захисним ковпачком, аспіраційний блок з витратоміром й побудником витрати повітря. Витрати повітря $0,0015 \dots 0,01 \text{ м}^3/\text{с}$ з похибкою вимірювання $\pm 5\%$.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

1. Методи вимірювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі.
2. Вимоги, яким повинно відповідати поглинальне обладнання.
3. Поясніть принцип дії та побудову поглинального обладнання.
4. Основні елементи фільтроутримувача.
5. Поясніть принцип дії та будову ротаметра.
6. Поясніть принцип дії та будову реометра.
7. Назвіть основні вузли барабанного газового лічильника та поясніть принцип його роботи.
8. Охарактеризуйте основні типи побудників витрати.
9. Наведіть функціональну схему чотирьохканального електроаспіратора.
10. Наведіть функціональну схему електроаспіратора з вентиляційним побудником витрати.

4. МЕТОДИ Й ЗАСОБИ ЛАБОРАТОРНОГО ТА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

4.1. Спектрофотометричний метод лабораторного аналізу проб повітря

Відібрані за допомогою поглинальних приладів й електроаспіраторів проби атмосферного повітря аналізуються фізико-хімічними методами, що дозволяють визначити вміст речовин з невеликою концентрацією.

Спектрофотометричний метод ґрунтується на спроможності забарвлених розчинів поглинати світло від ультрафіолетового до інфрачервоного діапазону. Поглинання залежить від властивості речовини та її концентрації. При цьому методі аналізу компонент, що досліджується, переводиться в сполучення, яке поглинає світло, а потім вимірюється кількість цього продукту по світловому потоку, який пройшов через розчин.

Спектрофотометричні вимірювання виконують за допомогою спектрофотометрів й фотоелектроколориметрів. Дія цих приладів ґрунтується на зміні інтенсивності світового потоку при проходженні через розчин в залежності від товщини шару, міри пофарбування та концентрації. Мірою концентрації є оптична щільність D або коефіцієнт світлопропускання розчину τ

$$\tau = 100 \Phi / \Phi_0 \% \quad (4.1)$$

де Φ - повний світловий потік;

Φ_0 - пропущений через середовище світловий потік.

Для визначення концентрації речовини на фотоколориметрі порівнюють оптичні щільності розчину, що досліджується, та розчини стандартного ряду. З цією метою з початку за допомогою приладу визначають оптичні щільності серії розчинів, що мають різний заданий вміст речовини, що визначається. Будують на міліметровому папері залежність оптичної щільності від концентрації речовини в розчині, тобто градуйований графік приладу (рис. 4.1). Вимірюють оптичну щільність і по градуйованому графіку знаходять вміст речовини в розчині.

Фотоколориметри бувають одноканальні та двохканальні. В одноканальному приладі вимірювальний світловий потік Φ та компенсаційний світловий потік Φ_0 поступають на фотоперетворювач по

черзі по одному оптичному каналу. В двохканальному приладі світлові потоки опромінюють свої фотоперетворювачі одноразово.

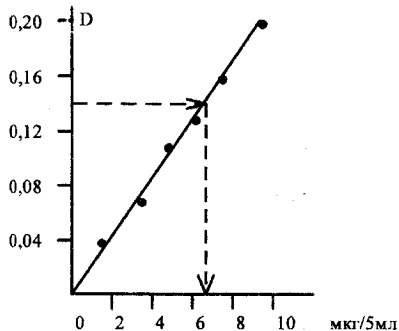


Рис. 4.1. Градувальний графік

Калориметр фотоелектричний компенсаційний КФК призначений для вимірювання в окремих діапазонах довжин хвиль 315-630 нм, що виділяються світлофільтрами, коефіцієнтів пропускання й оптичної щільності рідких розчинів. Цей прилад забезпечує вимірювання коефіцієнта пропускання від 100% до 5%, що відповідає оптичній щільності від 0 до 1,3 з абсолютною похибкою до 7%.

В основі роботи приладу лежить компенсаційний метод вимірювання, що реалізується його функціональною схемою (рис. 4.2).

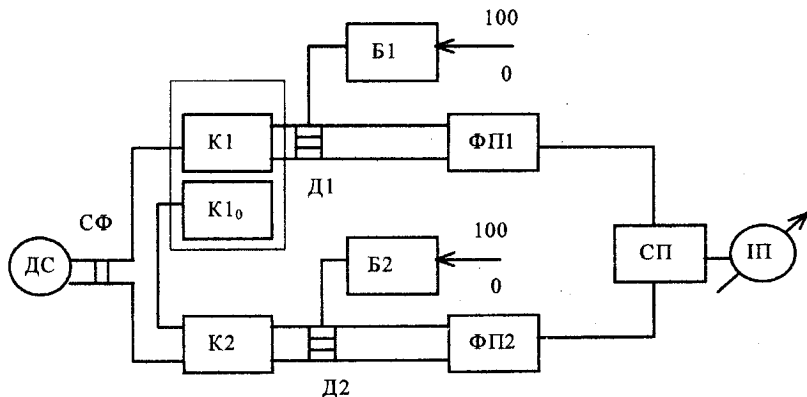


Рис. 4.2. Функціональна схема калориметра фотоелектричного компенсаційного КФК

Джерело світла (ДС) формує вимірювальний світловий потік Φ та компенсаційний Φ_0 , що через світлофільтр (СФ) поступають в кювети з розчином в вимірювальному каналі (К1) та компенсаційному каналі (К2), що заповнені дистильованою водою. Щоб вести корегування в результати

вимірювання приладу передбачена заміна кювети К1 на кювету К1₀, що заповнюється нульовим розчином. Через розсувні діафрагми (Д1 та Д2) вимірювальний (Φ) та компенсаційний (Φ₀) світлові потоки поступають на фотоперетворювачі в вимірювальному (ФП1) та компенсаційному (ФП2) каналах. З фотоперетворювачів ФП1 та ФП2 електричні сигнали через схему порівняння (СП) поступають на індикаторний прилад (ІП). Барабани Б1 та Б2 призначені для регулювання розмірів діафрагм Д1 та Д2.

Компенсатор фотоелектричний компенсаційний КФК-2 призначений для вимірювання в окремих діапазонах довжин хвиль 315-980 нм, що виділяються світлофільтрами, коефіцієнтів пропускання й оптичної щільності рідинних розчинів. Прилад забезпечує вимірювання коефіцієнтів світлопропускання від 100% до 5%, що відповідає оптичній щільності від 0 до 1,3 з абсолютною похибкою $\pm 1\%$.

Принцип вимірювання коефіцієнта пропускання полягає в тому, що на фотоприймачі по черзі направляються повний світловий потік Φ та потік, що пройшов через досліджуване середовище Φ. Цей принцип реалізується його функціональною схемою (рис. 4.3):

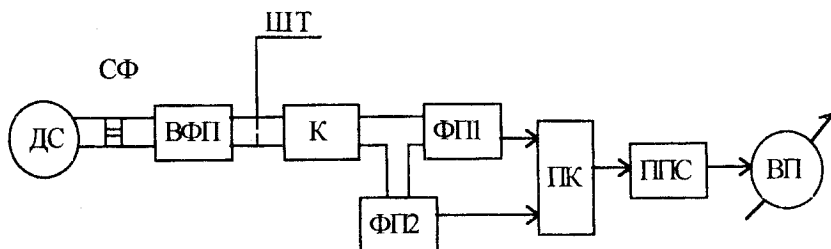


Рис. 4.3. Функціональна схема калориметра фотоелектричного компенсаційного КФК-2

Світло від джерела (ДС) через світлофільтри (СФ), що перетворено вузлом формування світлового променя (ВФП), через кюветне відділення (К) поступає на перетворювач ФП1, що працює в межах спектру 315-540 нм, та фотоперетворювач (ФП2), що працює в межах спектру 590-980 нм. За допомогою комутуючого пристрою (ПК) фотоперетворювачі ФП1 та ФП2 вибірково підключаються до входу підсилювача постійного струму (ППС). Підсилений сигнал, що пропорційний світлопропусканню (оптичній щільності) розчину вимірюється приладом (ВП). Для регулювання нуля приладу передбачена шторка перекриття світлового потоку (ШТ).

Спектрофотометр СФ-26 призначений для вимірювання в двох діапазонах коефіцієнтів пропускання рідких й твердих речовин в межах спектру 186...1100 нм. Для роботи спектрометру в межах спектру 186...650

спектру 186...1100 нм. Для роботи спектрометра в межах спектру 186...650 нм використовують сурмово-цезієвий фотоелемент з вікном із кварцевого скла та дейтерійову лампу як джерело світла. Для роботи спектрометра в діапазоні спектру 600...1100 нм використовують киснево-цезійовий фотоелемент та звичайну лампу розжарювання як джерело світла.

Вимірювання виконуються методом електричної автокомпенсації, що реалізується його функціональною схемою (рис. 4.4).

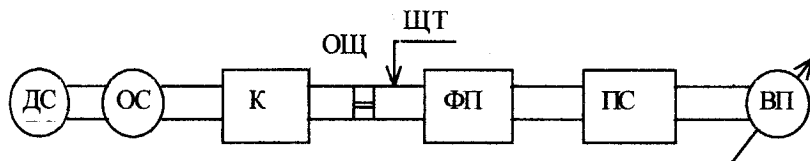


Рис. 4.4. Функціональна схема спектрометра СФ-26.

В монохроматичний потік, що формується джерелом світла (ДС) й оптичною системою (ОС), по черзі в кюветне відділення (К) встановлюються контрольний та вимірювальний зразки. Випромінювання через оптичну щілину (ОЩ) попадає на фотоприймач (ФП), що перетворює світловий сигнал в електричний, який після підсилення підсилювачем сигналу (ПС), вимірюється приладом (ВП). Для установа 100% пропускання контрольного зразка, тобто установки електричного нуля приладу, використовується шторка (ШТ).

4.2. Метод газової хроматографії лабораторного аналізу проб повітря

Для аналізу повітряного середовища, що насичене органічними речовинами, використовується хроматографічний метод, який ґрунтується на розділенні й аналізу суміші в динамічних умовах.

Суть хроматографічного методу наступна. Для розділення й аналізу суміші через колонку, що заповнена сорбентом, спочатку пропускають інертний газ-носіє. Через певний час в колонку вводять газову суміш, в яку входить декілька інгредієнтів. Через різну здатність поглинатися, тобто сорбції, захваченим газом-носієм, швидкість переміщення компонентів в шарі сорбенту різна. Внаслідок цього відбувається розділення компонентів на зони у відповідному порядку. Кожний компонент суміші переміщується вздовж сорбенту з постійною швидкістю, що дозволяє ідентифікувати його при виході з колонки й визначити кількість. Для ідентифікації речовин, що виходять з колонок, використовують різні детектори.

Функціональна схема газового хроматографа (рис. 4.5) включає джерело газу-носія, блок розподільних колонок, детектор, пристрої для введення проб, прилади контролю й регулювання тиску й швидкості газу. Газ-носіє з балону (ГБ) 1 через регулятор тиску (РТ) 2, витратомір (В) 3 й фільтр (Ф) 4 поступає в хроматографічну колонку (ХК) 5. Для збереження постійних властивостей сорбенту хроматографічна колонка 5 розміщена в термостаті (Т) 6, стала температура якого підтримується терморегулятором (ТР) 7. Тиск газу перед входом в колонку вимірюється манометром, а його витрати - ротаметром. Проба, що аналізується, вводиться в хроматографічну колонку 5 через дозатор-випарник (ДВ) 8 за допомогою мікрошприця (Ш) 9. В дозаторі 8 ця проба захвачується газом-носієм й поступає в хроматографічну колонку 6.

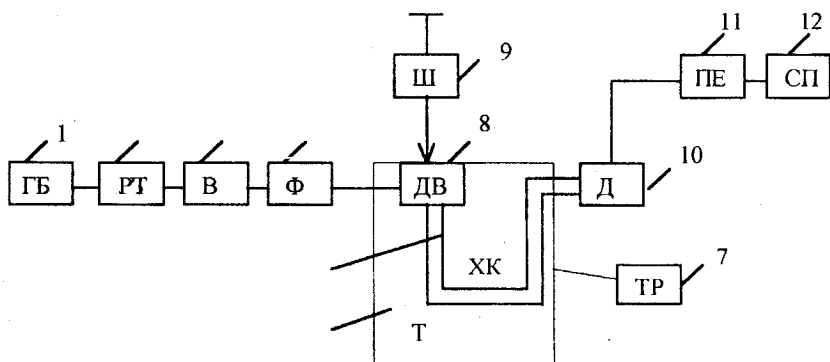


Рис. 4.5. Функціональна схема газового хроматографа.

Зміна складу газової суміші викликає в детекторі (Д) 10 зміну величини струму в електричній мережі, який після підсилення підсилювачем (ПС) 11 поступає на самописець (СП) 12. На стрічці приладу 12 записується крива зміни електричного потенціалу, що пропорційна концентрації речовини в газі-носії при виході з колонки. По цій кривій, що називається хроматограмою, визначають кількісний і якісний склад суміші, яка аналізується. Градування хроматографа виконують за стандартними сумішами.

Для повного аналізу продуктів згорання палива використовують хроматограф "Газохром 3101".

Концентрацію компонента в газі, що досліджують, знаходять за формулою:

$$C = \frac{X_j \cdot K_{jcm} \cdot m_{cm}}{X_{cm} \cdot V_0} \text{ мг/м}^3, \quad (4.2)$$

де V_0 - об'єм пропущеного через хроматограф газу, який приведено до нормальних умов;

X_j, X_{cm} - висоти піків j - го компонента й стандарту, що виміряні на хроматографі;

K'_{jcm} - коефіцієнт градування;

m_{cm} - вміст речовини, що прийнята за стандарт в суміші, мг.

4.3. Електрохімічний метод та апаратура для його реалізації

Методи лабораторного хімічного аналізу проб повітря прості в реалізації, але їх недоліком є значні затрати часу на відбір проб й проведення аналізу. В результаті чого інформація про забруднення повітряного басейну поступає з запізненням, що може привести до небажаних наслідків.

З метою оперативного визначення концентрації забруднюючих речовин й управління процесом очищення повітря використовують автоматичні засоби спостережень шляхом включення апаратури автоматичного газового аналізу в систему контролю й управління технологічними процесами. В основі роботи газоаналізаторів для визначення концентрації оксиду вуглецю, хлору, діоксиду сірки, оксидів азоту, озону, вуглеводних, що містяться в викидах всіх підприємств, лежать фізико-хімічні методи, що реалізуються різною за конструктивними особливостями апаратурою.

Робота електрохімічних газоаналізаторів ґрунтується на таких методах аналізу: кулоно-полярографічний, потенціостатичної амперметрії.

Обидва методи реалізуються за допомогою електрохімічних комірок. В цих комірках відбувається електрохімічна реакція, якщо через них прокачувати газову суміш, що містить речовини, які визначаються газоаналізатором. Енергія хімічної реакції перетворюється безпосередньо в електричну. Сигнал з електрохімічної комірки, що пропорційний кількості досліджуваного компонента в повітрі, вимірюється електронною схемою приладу "Атмосфера 1", "Атмосфера 11", "Палладій 2М".

Основним елементом газоіндикаторів "Атмосфера 1" та "Атмосфера 11" є електрохімічна комірка, яка працює в режимі гальванічного елемента. Електрохімічна комірка має вимірювальний та порівняльний електроди, що розміщені відповідно в вимірювальній та порівняльній камерах. Обидві камери заповнені відповідними реактивами, що забезпечують

електрохімічну реакцію при визначенні концентрації компонента, що досліджується в газовій суміші.

При прокачуванні через вимірювальну камеру суміші, яка аналізується, при наявності досліджуваного компонента відбувається процес перетворення енергії хімічної реакції в електричну. В результаті виникає струм, сила якого пропорційна кількості досліджуваного компонента. При відсутності досліджуваного компонента різниці потенціалу на вимірювальному та порівняльному електродах немає.

Функціональна схема газоаналізатора "Палладій 2М" для визначення концентрації оксиду вуглецю, робота електрохімічної комірки якого ґрунтується на методі потенціальної амперометрії, наведена на рис. 4.6.

Газ, що аналізується, перед подачею в електрохімічну комірку (ЕК) 1 очищається від механічних домішок в повітряному фільтрі (ПФ) 2. Очищення від домішок, що утруднюють визначення кількості оксиду вуглецю, відбувається в хімічному фільтрі (ФХ) 3. Спонукачем повітря (СП) 4 з попереднім контролем за витратами витратоміром (В) 5, яким є ротаметр, та після доуволоження в зволожувачі (З) 6 газова суміш подається в електрохімічну комірку 1. В електрохімічній комірці розміщені вимірювальний (ЕВ) 7, порівняльний (ЕП) 8, допоміжний (ЕД) 9 та температурний (ЕТ) 10 електроди. Всі ці електроди з'єднані з потенціостатом (ПТ) 11, яким є трьохкаскадний підсилювач постійного струму.

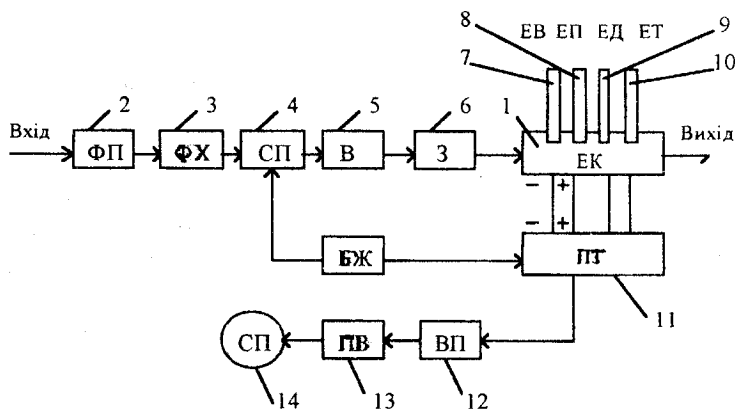


Рис. 4.6. Функціональна схема газоаналізатора "Палладій 2М"

Газ, який аналізується, при проходженні через електрохімічну комірку 1 викликає окислення вуглецю. Це є причиною протікання струму в зовнішній мережі, величина якого пропорційна кількості оксиду вуглецю. Сигнал, величина якого рівна різниці потенціалів вимірювального 7 та порівняльного 9 електродів, з електрохімічної комірки 1 поступає на потенціостат 11. Таким чином, потенціостат 11 та електрохімічна комірка 1 після окислення окису вуглецю на вимірювальному електроді 7 виробляють струм поляризації, який подається на відліковий пристрій (ВП) 12. На виході відлікового пристрою 12 послідовно включені вимірювальний прилад (ПВ) 13 та самопишучий потенціометр (СП) 14, які реєструють концентрацію оксиду вуглецю.

4.4. Інфрачервоний метод й прилади для його реалізації

Робота інфрачервоних газоаналізаторів ґрунтується на методі вимірювання поглинання енергії випромінювання газом, який аналізується. Реалізується інфрачервоний метод аналізу двошпроменевою апаратурою з вибірково працюючим приймачем випромінювання.

Функціональна схема інфрачервоного газоаналізатора наведена на рис. 4.7 і містить джерело випромінювача (ДВ) 1, фільтрувальну камеру (КФ) 2, канал порівняльний (КП) 3, канал робочий (КР) 4, переривач (П) 5, елемент чутливий (ЕЧ) 6, приймач випромінювача (ПВ) 7, електронну схему (ЕС) 8, вимірювальний прилад (ВП) 9, самопишучий потенціометр (СП) 10.

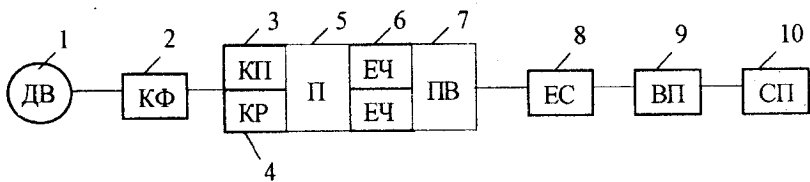


Рис. 4.7. Функціональна схема інфрачервоного газоаналізатора

Принцип дії інфрачервоного газоаналізатора полягає в тому, що якщо в приймач випромінювання 7 помістити газ, який відповідає смузї поглинання газу, що аналізується, й подіяти на нього потоком радіації з джерела випромінювання 1, то газ за певний час нагріється до деякої температури. Одночасно відповідно підвищиться його тиск. З джерела випромінювання 1 радіація в приймач випромінювання 7 поступає через фільтрувальну камеру 2 по двом паралельним каналам: порівняльному 3 та робочому 4. Через порівняльний канал 3 пропускають азот, що не поглинає

радіації. Тому коливань температури й тиску не буде, а амплітуда цих параметрів буде максимальна.

Якщо переривати з деякою частотою потік випромінювання, то в приймач 7 буде попадати модульований потік випромінювання. Газ, який знаходиться в приймачі випромінювання 7, періодично буде нагріватися або охолоджуватися. В результаті виникають коливання температури й тиску, що залежать від концентрації речовини, що аналізується, які реєструються чутливими елементами 6, що розміщені в поглинальній камері 7. Сигнали з цих елементів поступають на електронну схему 8, що має на виході реєструючий прилад 9 та самопишучий потенціометр 10.

На практиці використовуються оптико-акустичні газоаналізатори ГМК-3 та ГІАМ-1.

Автоматичний стаціонарний газоаналізатор ГМК-3 призначений для безперервного вимірювання концентрації оксиду вуглецю в газових сумішах. Він має три діапазони вимірювання: 0...40, 0...80, 0...400 мг/м³ з похибкою $\pm 5\%$...

Оптико-акустичний газоаналізатор ГІАМ-1 призначений для безперервного вимірювання концентрації оксиду вуглецю, в діапазоні 0...160 мг/м³. Він має три шкали вимірювання: 0...40, 0...80, 0...160 мг/м³ з похибкою $\pm 5\%$.

4.5. Люмінесцентний метод й прилади для його реалізації

Люмінесценція ґрунтується на переході випромінюючих світло атомів, молекул та іонів в збуджений стан внаслідок поглинання енергії, що приноситься збуджуючими джерелами енергії. При поверненні їх в нормальний або менше збуджений стан відбувається виділення світла. Люмінесценція, що припиняється одразу після закінчення дії збуджувача свічення, називається флуоресценцією. Люмінесценція, що зберігається тривалий час після припинення дії збуджувача свічення, називається фосфоресценцією.

Люмінесценція під дією світла називається фотолюмінесценцією, під дією хімічних перетворень - хемілюмінесценцією, під дією рентгенівських променів - рентгенофлуоресценцією, під дією електричного струму й поля - електролюмінесценцією.

Для визначення концентрації оксидів азоту, вуглецю, сірки, озону, аміаку використовують газоаналізатори, що працюють на принципі хемілюмінесценції.

При визначенні концентрації оксиду вуглецю методом хемілюмінесценції проходить реакція



де h - стала Планка; ν - частота світла, що випромінюється.

Хемілюмінесцентне випромінювання спостерігається в видимій частині світла при довжині хвилі $\lambda = 400$ нм. Границя визначення CO - 0,5 мг/м³.

Для визначення концентрації шкідливих домішок, що забруднюють атмосферне повітря, використовують газоаналізатори шестисотої серії. Ці газоаналізатори виконані як блочно-модульні, що мають в своєму складі блок аналізу, електронний блок, блок побудника витрати, блок автоматичного управління та реєстратор, що з'єднані між собою газовими й електричними мережами.

Газоаналізатор 667 ФФ-01 призначений для визначення концентрації діоксиду сірки в атмосферному повітрі. Його робота ґрунтується на флуоресцентному методі. Спочатку ультрафіолетовим випромінюванням збуджують молекулу діоксиду сірки



Збуджена молекула діоксиду сірки SO_2^* переходить в основний стан з випромінюванням кванту світла



Інтенсивність випромінювання, яка реєструється за допомогою фотокатода, пропорційна концентрації діоксиду сірки.

Газоаналізатор має три діапазони вимірювання концентрації діоксиду сірки: 0...0,5 мг/м³; 0...1,5 мг/м³; 0...5,0 мг/м³ з похибкою $\pm 0,01$ мг/м³.

Газоаналізатор 652 ХЛІ-01 призначений для визначення концентрації озону в атмосферному повітрі. Його робота ґрунтується на хемілюмінесцентному методі, суть якого полягає в тому, що при відповідних умовах реакція етилену C_2H_4 з озоном O_3 відбувається з люмінесцентним випромінюванням



Інтенсивність випромінювання реєструється за допомогою фотокатода й пропорційна кількості озону.

Газоаналізатор має чотири діапазони вимірювання концентрації озону (мг/м³): 0...0,05; 0...0,15; 0...0,5; 0...1,5.

Газоаналізатор 645 ХЛ-01 призначений для визначення концентрації оксиду азоту, діоксиду азоту та їх сумарного вмісту в атмосферному повітрі. Його робота ґрунтується на хемілюмінесцентному методі, суть якого полягає в тому, що при взаємодії оксиду азоту з озоном при відповідних умовах відбувається люмінесцентне випромінювання



Інтенсивність випромінювання в інфрачервоному діапазоні реєструється за допомогою фотокатоду й пропорційна концентрації оксиду азоту в повітрі.

Для визначення концентрації діоксиду азоту NO_2 та суміші оксидів $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{NO}_x$ є додатковий канал перетворення діоксиду азоту NO_2 в оксид азоту NO .

Газоаналізатор має чотири діапазони вимірювання концентрації оксидів азоту (мг/м^3): 0...0,25; 0...0,75; 0...2,5; 0...7,5 з похибкою $\pm 20\%$.

4.6. Полум'я-іонізаційний метод й прилади для його реалізації

Суть методу полягає в тому, що органічні речовини, які розміщують в полум'я водню, викликають утворення іонів. При переміщенні цих іонів в електричному полі між електродами виникає струм, величина якого пропорційна концентрації органічних речовин.

Газоаналізатор 623 ИН-2 призначений для визначення суми вуглеводів ($\Sigma\text{СН}$), метану (СН_4) й суми вуглеводів без метану ($\Sigma\text{СН}_4\text{-СН}_4$) в атмосферному повітрі. Концентрацію вуглеводів в повітрі визначають вимірюванням струму іонізації, який виникає при введенні в полум'я водню молекул органічних речовин.

Газоаналізатор має три діапазони вимірювання концентрації суми вуглеводів, метану, суми вуглеводів без метану (мг/м^3 по метану): 0...5; 0...15; 0...50 з похибкою $\pm 20\%$.

Газоаналізатор включає блок аналізу, блок розділення вуглеводів та блок автоматичного керування. Газова частина блоку аналізу має побудник витрати для забору атмосферного повітря на аналіз; фільтри для очистки повітря від механічних домішок; пристрої переключення газових каналів для установки режимів роботи; пристрої стабілізації й контролю витрати повітря, що аналізується та для підтримання горіння; пристрій стабілізації витрати водню.

4.7. Комплексні лабораторії для спостереження за рівнем забруднення атмосфери

Для стаціонарних спостережень за рівнем забруднення атмосферного повітря в містах й зонах розміщення промислових об'єктів використовують комплексні лабораторії “Пост-1”, “Пост-2” та “Пост-3”, пересувну лабораторію “Атмосфера-11” й автоматичну станцію контролю забруднення атмосфери АСКЗА-Г.

Лабораторія “Пост-1” - укомплектований обладнанням й приладами павільйон розмірами 2175×2175×2780 мм. Вимірювальний комплекс має системи відбору проб повітря на газові інгредієнти, пил, сажу та їх інструментального аналізу, а також вимірювання метеорологічних параметрів.

Система відбору проб повітря на газові домішки (рис. 4.8) включає: повітрязабірник 1, розподільчу гребінку 2, поглинальні прилади 3, захисні патрони 4 й два електроаспіратори 5. Під дією електроаспіраторів 5 повітря всмоктується в повітрязабірник 1, проходить через розподільчу гребінку 2, поглинальні прилади 3, захисні фільтри 4, ротаметри й через аспіратор викидається на вулицю. Повітря нагрівається елементом 6, який керується терморегулятором 7.

Система відбору проб повітря на пил включає побудник витрати 8, ротаметр 9, камеру підігріву 10 з терморегулятором 11 та блок відбору проб 12.

Блок відбору проб 12, схема якого наведена на рис. 4.9, включає трубу 13, на один кінець якої натягають фільтроутримувач 14 з фільтром, а другий кінець закінчується гнучким шлангом 15 з шліфом 16, за допомогою якого блок з'єднується з газовою схемою.

Для відбору проб повітря на пил фільтроутримувач через один з чотирьох люків, що розміщені попарно на протилежних сторонах павільйону на висоті 1,5 м від землі, виставляється назовні. В залежності від напрямку вітру блок відбору проб 12, що є переносним, за допомогою шліфів 16 та 17 з'єднується з камерою підігріву 10, або за допомогою шліфа й трубопроводу 19 з'єднується через шліф 20 з камерою підігріву 10.

Система відбору проб повітря включає сажовий патрон 21, що є складовою частиною блоку відбору проб 12. Патрон 21 з аспіратором 5 з'єднується за допомогою резинової трубки.

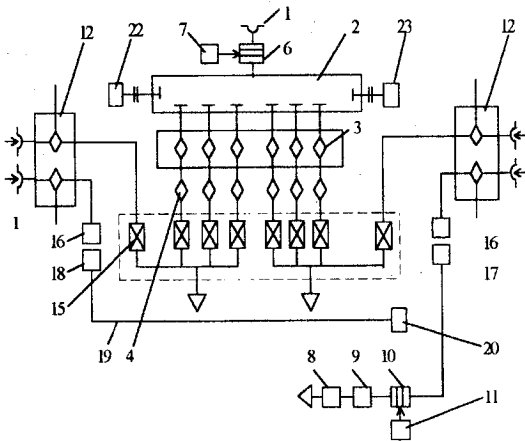


Рис. 4.8. Функціональна схема лабораторії "Пост-1"

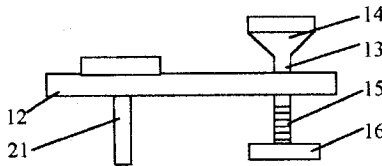


Рис. 4.9. Блок відбору проб

Система інструментального аналізу для визначення концентрації оксиду вуглецю включає газоаналізатори "Паладій-2М" та МК-3. Газоаналізатори 22 та 23 з'єднані з розподільною гребінкою 2.

Система вимірювання метеорологічних параметрів передбачає спостереження за швидкістю й напрямом вітру, температурою й відносною вологістю повітря. Контроль за роботою датчиків температури й вологості повітря виконують за допомогою аспіраційного психрометра. Атмосферний тиск вимірюють барометром-анероїдом. Датчик параметрів вітру установлений на мачті, що кріпиться до павільйону.

Система електропостачання, опалення й освітлення від мережі змінного струму. В середині павільйону обладнано робоче місце для спостерігача.

Пересувна лабораторія "Атмосфера-11" призначена для виконання спостережень за рівнем забруднення атмосферного повітря й дозволяє робити одноразовий відбір чотирьох-шести проб. Проби повітря відбираються на газові інгредієнти, пил, сажу, інструментальний аналіз

діоксиду сірки, сірководню, озону й хлору. Визначають також метеорологічні елементи й параметри, які необхідно враховувати при спостереженнях за рівнем забруднення атмосфери.

За функціональним призначенням прилади й обладнання поділяються на такі експлуатаційні системи: відбору проб повітря на газові домішки; відбору проб на пил; відбору проб на сажу; інструментальний аналіз; вимірювання метеорологічних параметрів; електропостачання; опалення й освітлення.

Лабораторія представляє автоматизований комплекс, що змонтований в кузові автофургона типу УАЗ-452 а. Функціональна схема лабораторії “Атмосфера -11” наведена на рис. 4.10.

Система відбору проб повітря на газові домішки передбачає відбір проб по вертикальному й горизонтальному каналах. Відбір проб на газові суміші по вертикальному каналу, що розміщений на висоті 2,6 м над рівнем землі, виконують через повітрязабірник 1, який трубопроводом з перемикачем 2 через підігрівач 3 з терморегулятором 4 з’єднаний з розподільчою гребінкою 5. Відбір проб по горизонтальному каналу виконують через повітрязабірник 6, який закріплений на виносному утримувачі 7.

Проби повітря відбирають за допомогою двох електроаспіраторів 8 та 9 моделі 822. Для установки в систему поглинальних приладів 10 використовуються штативи 11. Захисні фільтри 12 установлюють між ротаметрами електроаспіраторів й “виходами” поглинальних приладів. “Входи” поглинальних приладів з’єднані з розподільчою гребінкою 5. Під дією електроаспіраторів повітря втягується через повітрязабірник 1 або 6, що регулюється перемикачем 2. Потім повітря проходить через розподільчу гребінку 5, поглинальні прилади 10, захисні фільтри 12, ротаметри й через аспіратори викидається зовні.

Система відбору проб повітря на пил включає побудник витрати 13, витратомір 14, підігрівач 15 з терморегулятором 16 та пиловий патрон 17, який знаходиться на виносному штативі 7.

Система відбору проб повітря на сажу включає сажовий патрон 18, який кріпиться на штативі 7, та електроаспіратор 9 моделі 822. Газоіндикатори для інструментального аналізу повітря підключаються до розподільчої гребінки 5 за допомогою вхідного штуцера 19.

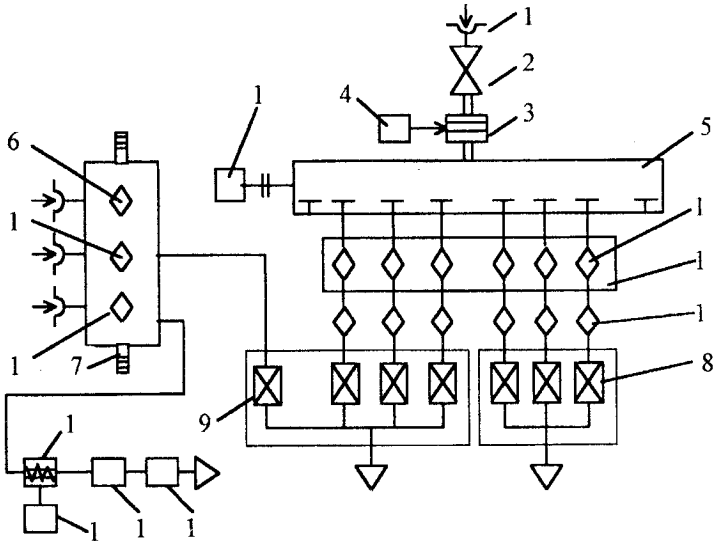


Рис. 4.10. Функціональна схема лабораторії “Атмосфера-11”

Система вимірювання метеорологічних параметрів включає дистанційний анеморумбометр М-47, аспіраційний психрометр, барометр-анероїд, ручний анемометр МС-43 та вітромір.

Автоматична станція контролю забруднення атмосфери АСКЗА-Г призначена для автоматичного контролю й спостереження за станом атмосферного повітря міст та великих промислових підприємств й центрів. Станція забезпечує в автоматичному режимі збір, перетворення, обробку й реєстрацію значень концентрації дев'яти шкідливих домішок в атмосфері: оксиду вуглецю, діоксиду сірки, озону, оксиду азоту, діоксиду азоту, суми оксидів азоту, метану, суми вуглеводних, суми вуглеводних без метану, а також чотирьох метеопараметрів - швидкості й напрямку вітру, температури повітря й температури точки роси.

Конструктивно станція АСКЗА-Г виконана в вигляді павільйону з зовнішніми розмірами 4700 × 2300 × 3100 мм. Зверху павільйону змонтовані пристрої для забору проб повітря, мачти з метеорологічними датчиками та витяжна вентиляція.

Станція АСКЗА-Г включає систему електропостачання з розподільчою та управляючою апаратурою, пристрої для опалення й витяжної вентиляції, пристрої для забору й викиду повітря, що

аналізується, пристрої для збору й переробки інформації та апаратури для передачі даних.

Спостереження за станом атмосферного повітря виконує газовимірювальна автоматична багатоканальна система й комплект метеодатчиків. В газовимірювальну автоматичну багатоканальну систему входять автономні автоматичні газоаналізатори для вимірювання:

- оксиду вуглецю CO - ГИАМ-1;
- діоксиду сірки SO₂ - 667 ФФ-02;
- суми вуглеводних, метану, суми вуглеводних без метану (Σ СН, СН₄, Σ СН-СН₄) - 623 ИН-02;
- концентрації озону O₃ - 652 ХЛ-01;
- концентрації оксиду, діоксиду, суми оксидів азоту (NO, NO₂, Σ (NO+N O₂)) - 645 ХЛ-01.

Газоаналізатори, що входять в систему, можуть експлуатуватися в трьох режимах: ручному, автоматичному автономному та автоматичному дистанційному.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

1. Поясніть фізичні основи спектрофотометричного методу аналізу.
2. Функціональна схема та принцип дії калориметрів фотоелектричних компенсаційних КФК та КФК-2.
3. Призначення та конструктивні особливості спектрофотометра СФ-26.
4. Суть хроматографічного методу аналізу.
5. Поясніть фізичні основи електрохімічного методу аналізу.
6. Назвіть основні елементи та поясніть принцип дії електрохімічної комірки.
7. Функціональна схема газоаналізатора “Палладій-2М”.
8. Фізична суть інфрачервоного методу аналізу повітря та прилади для його реалізації.
9. Фізична суть люмінесцентного методу аналізу повітря та прилади для його реалізації.
10. Особливості полум’я-іонізаційного методу аналізу повітря.
11. Призначення, обладнання та функціональна схема лабораторії “Пост-І”.
12. Призначення, обладнання та функціональна схема пересувної лабораторії “Атмосфера-ІІ”.
13. Призначення та обладнання автоматичної станції контролю забруднення атмосфери.

5. МОНІТОРИНГ РАДОНОНЕБЕЗПЕКИ ПОВІТРЯ НА ОБ'ЄКТАХ ЖИТЛОВО-ЦИВІЛЬНОГО ТА ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

5.1. Методи контролю радононебезпеки

Результати досліджень свідчать про суттєве радіаційне опромінення населення України за рахунок радонової складової. Доля радонової складової становить 78% від суми всіх природних радіоактивних джерел, що значно перевищує дозу опромінення населення внаслідок Чорнобильської катастрофи. Це обумовлено тим, що більша частина території нашої держави розміщена на українському кристалічному щиті, де знаходяться поклади граніту з високою концентрацією радіонуклідів. З цих шарів відбувається постійне надходження радону в атмосферу, в підвальні приміщення та перші поверхи. Рівень концентрації радону збільшується в холодний період року, коли приміщення опалюються. Радон-222 як продукт розпаду радію-226 це газ без кольору, запаху й смаку, що добре розчиняється в воді та в 7,5 разів важчий за повітря.

Біологічна дія радону при надходженні його в організм людини зводиться до виникнення захворювання лейкемії або лімфокемії крові та онкологічних захворювань. Величина ймовірних смертельних випадків, що пов'язані з радоном, за даними Наукового центру радіаційної медицини АМН України перевищує 10 тисяч на рік.

Допустимий рівень еквівалентної рівноважної об'ємної активності /ЕРОА/ радону-222 житлово-цивільного та промислового призначення відповідно норм Міністерства охорони здоров'я України не повинен перевищувати 50 Бк/м³ (беккерелей, тобто, розпадів в одному кубічному метрі повітря за секунду). В найбільш радононебезпечних Вінницькій, Донецькій, Одеській та Херсонській областях, ЕРОА радону-222 в середньому на 23% територій не відповідають нормативу. Протягом 1992-1997 років була проведена оцінка радононебезпеки житлових й громадських приміщень та підприємств харчової промисловості міста Вінниці та області. В житловому фонді міста Вінниці еквівалентна рівноважна об'ємна активність радону-222 знаходиться в межах 18-80 Бк/м³, а в підвальних приміщеннях ВАТ "М'ясо" - 342 Бк/м³. В житлових будинках Вінницького, Літинського, Немирівського, Погребищенського, Тростянецького, Хмільницького та Шаргородського районів ЕРОА радону-222 становить 18-263 Бк/м³, а в ряді шкільних приміщень - 58-155 Бк/м³. З перевірених 39 будинків с.Самчинці Немирівського району, що

побудоване для переселенців з чорнобильської зони, в 21% приміщень ЕРОА радону-222 знаходилась в межах 112-368 Бк/м³. Наведені результати свідчать про необхідність пошуку шляхів зменшення радоннебезпеки житлових приміщень.

Управління станом радоннебезпеки є функціональний фактор виробничої діяльності й включає такі взаємопов'язані формалізовані блоки: моніторинг радоннебезпеки; підготовка та напрацювання організаційно-технічних й управляючих рішень в процесі техніко-економічного обґрунтування, розробки технічного проекту будівництва та експлуатації житлових та громадських приміщень. Функціональна система моніторингу радоннебезпеки повинна здійснюватися при активному обміні інформацією бази даних на трьох основних рівнях: національному, регіональному та локальному. На регіональному рівні моніторинг радоннебезпеки здійснюється відділом з питань охорони праці та санітарно-епідеміологічною службою при обласній держадміністрації. Моніторинг радоннебезпеки повинен бути сигнальний, цільовий та комплексний (рис. 5.1). Завдання сигнального моніторингу інформувати про необхідність детальних спостережень за територією чи певним об'єктом. Цільовий моніторинг повинен забезпечувати спостереження за станом найбільш радоннебезпечних об'єктів та територій (житловий фонд, громадські приміщення, підприємства харчової промисловості та ін.). При комплексному моніторингу здійснюється постійний та повний контроль стану радоннебезпечної території.

Методи визначення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 базуються на використанні фізичних та хімічних властивостей його як газу та дочірніх продуктів розпаду як аерозолей.

Вимірювання еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 як газу виконують за допомогою таких методів:

- методи відбору визначеного об'єму проби повітря та її лабораторному аналізу;
- метод пасивної сорбції радону на активному вугіллі з наступним вимірюванням активності на гамма-спектрометрі;
- метод прокачування повітря через патрон з активованим вугіллям, подальшого витримування в патроні до досягнення рівноваги між радоном та його дочірніми продуктами розпаду та вимірювання концентрації на сцинтиляційному гама-спектрометрі;

- метод вимірювання концентрації радону пасивними радонометрами без прокачування повітря з використанням напівпровідникових поверхнево-бар'єрних кремнієвих детекторів та іонізаційних камер;
- метод прямих вимірювань концентрації радону з застосуванням електростатичного осадження на напівпровідниковому детекторі з наступною реєстрацією альфа-спектра;

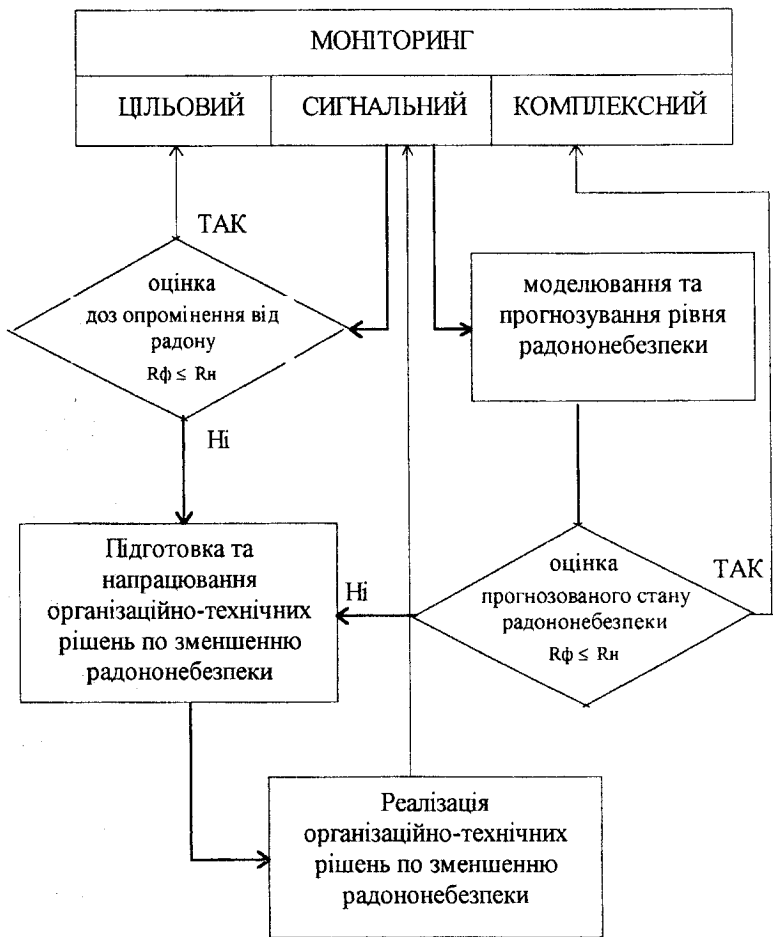


Рис. 5.1. Блок-схема моніторингу радоннебезпеки

- метод вимірювання концентрації радону за допомогою пасивних трекових радонометрів, що реєструють мікропошкодження, які утворюють альфа-частинки на детекторі;

- метод вимірювання концентрації радону за допомогою пасивного електречного радон-монітора, що реєструє падіння напруги на поверхні електрета внаслідок накопичення на його поверхні іонів як продуктів розпаду радону.

Вимірювання об'ємної активності радону як аерозолей дочірніх продуктів розпаду виконують за допомогою слідуючих методів:

- метод прокачування повітря через фільтр, на якому осідають аерозолі, та реєстрацією альфа-детектором з обробкою результатів способами спектрометрії або часової декомпозиції;

- метод безперервного монітора робочого рівня за допомогою приладів, що використовують систему фільтрів, які постійно експонуються в по-вітрі, та обладнанні комп'ютерами для обробки та видачі інформації про об'ємну активність дочірніх продуктів розпаду радону;

- метод вимірювання за допомогою комбінованих пасивних трекових радонометрів, принцип роботи яких базується на використанні двох трекових детекторів в одному радонометрі, один з яких реєструє альфа-частинки від радону-222, а другий - альфа-частинки від його дочірніх продуктів розпаду.

За часом експозиції методи визначення об'ємної активності радону бувають диференційні та інтегральні. До диференційних відносяться методи відбору об'єму повітря, активної сорбції, електростатичні монітори, вимірювання дочірніх продуктів розпаду через фільтр. Для цих методів характерно, що час експозицій порівняний з періодом незначних коливань активності радону в приміщенні, тобто одиниці та десятки хвилин. При інтегральних методах час експозиції триває від декількох днів до року, що дозволяє усереднити можливі коливання активності радону.

Характеристика активних та пасивних методів вимірювання об'ємних активностей радону-222 в повітрі наведена в табл. 5.1 та 5.2.

Вибраний метод вимірювання об'ємних активностей радону в повітрі повинен забезпечувати одночасність проведення великої кількості вимірювань, бути простим в використанні, створювати мінімальний психологічний дискомфорт мешканцям приміщення, що обстежується. Затрати на вимірювання та обробку результатів повинні бути мінімальними, а точність визначення об'ємної активності радону не повинна перевищувати допустимої похибки 20%.

Таблиця 5.1.

Характеристика активних методів вимірювання
об'ємних активностей радону-222 в повітрі

Метод відбору проб повітря	Обладнання для відбору проб повітря та детектування	Метод та обладнання для реєстрації	Час відбору (експозиції)
Відбирання визначеного об'єму повітря	1. Іонізаційна камера	Лічильник імпульсів	3 хвилини
	2. Сцинтиляційна одно або двухвентильна камера	Лічильник імпульсів	3 хвилини
Прокачування визначеного об'єму повітря з метою концентрації аерозолей	1. Касети з активованим вугіллям	Гамма-спектрометр	10 хвилин
		Десорбція в сцинтиляційній або в іонізаційній камері	20 хвилин
	2. Метод "одинарний фільтр"	Альфа-радіометр	10-180 хв
Прокачування до нерадіоактивної рівноваги	Рідинно-сцинтиляційна віала з активованим вугіллям та сцинтиляційна рідина для десорбції	Рідинний альфа, бета-спектрометр або радіометр	30 хвилин
Безперервне прокачування повітря	1. Іонізаційна динамічно-проточна камера	Електрометр	тривалий
	2. Сцинтиляційна проточно-двохвентильна камера	Лічильник імпульсів	тривалий
	3. Метод "подвійний фільтр"	Сцинтиляційний радіометр	тривалий

Таблиця 5.2

Характеристика пасивних методів вимірювання
об'ємних активностей радону-222 в повітрі

Метод відбору проб повітря	Обладнання для відбору проб повітря та детектування	Метод та обладнання для реєстрації	Час відбору (експозиції)
Дифузія	1. Трековий детектор	Хімічна обробка та облік на оптичній системі	1-12 місяців
	2. Трековий детектор	Хімічна обробка та обмін на іскровому лічильнику	1-12 місяців
	3. Електречний детектор	Електрометр, коротко-часний електречт	2-60 доби
		Довгочасний електречт	1-12 місяців
Дифузія та сорбція	1. Касети з активованим вугіллям	Гамма-спектрометр	1-7 діб
	2. Касети з активованим вугіллям	Десорбція в сцинтиляційну камеру	1-7 діб
	3. Віала з активованим вугіллям	Рідинний альфа, бета-спектрометр або радіометр	1-7 діб
	4. Віала рідинного сцинтиляційного лічильника з шаром твердого сцинтилятора	Рідинний альфа, бета-спектрометр або радіометр	Години
Дифузія, електростатичне осадження	1. Алюмінізований лавсан+фотоплівка ТЛД	Денситометр	170 годин
		ТЛД-зчитувач	1 місяць
	2. Трековий детектор	Хімічна обробка та облік на оптичній системі	2 місяці
	3. Алюмінізований лавсан+фотомножник	Лічильник імпульсів	40 хвилин
	4. Кремнієвий напівпровідниковий детектор	Багатоканальний аналізатор	40 хвилин

5.2. Обладнання для визначення середньорічної еквівалентної рівноважної активності радону-222

Регламентованим радіаційним параметром відповідно ДБНВ.1.4.-1.01.97 є середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність /ЕРОА/ радону-222, яка вимірюється в Бк/м³ (Бекерель в кубічному метрі повітря приміщень). Це обґрунтовується тим, що активність радону-222 в кожному окремому приміщенні може значно мінятися навіть протягом доби, а величина дози іонізуючого опромінення пропорційна середній кількості радону-222 в приміщенні з урахуванням часу перебування в ньому. Тому для оцінки іонізаційних доз опромінення з метою розробки системи оптимальних організаційно-технічних заходів по зменшенню радононебезпеки необхідно знати середнє значення ЕРОА за максимальний проміжок часу.

Аналіз активних та пасивних методів вимірювання об'ємних активностей радону-222 (табл. 5.1 та 5.2) свідчить, що найбільш доцільним для визначення ЕРОА є метод із застосуванням пасивної трекової дозиметрії. Він дозволяє одночасно проводити багато вимірювань з достатньою репрезентативністю результатів та простий у використанні. Принцип методу пасивної трекової дозиметрії слідує наступний. Повітря, що аналізується на об'єктах житлово-цивільного та промислового призначення, природнім шляхом попадає в камеру відомого об'єму через дифузійний фільтр, який запобігає попаданню аерозолей та вологи в камеру з трековим детектором. Середній час дифузії радону-222 через фільтр складає біля двох годин. Це набагато більше періоду напіврозпаду торону-232, який складає 55 секунд, що практично виключає його вплив на результати вимірювань. Альфа-частинки, які випромінюються при розпаді радону-222 та його дочірних продуктів розпаду, утворюють треки пошкодження на детекторі. Як детектор використовують нітратцелюлозну плівку, яка розміщена в корпусі радонметра. Після експонування протягом декількох тижнів чи місяців плівка витягується з радонметра для підрахування кількості треків. Кількість треків пропорційна середній об'ємній активності радону-222 в повітрі приміщення, що досліджується на радононебезпеку. Чутливість метода пасивної трекової дозиметрії при місячній експозиції складає біля 8...10 Бк/м³.

Реєстрація кількості треків на нітратцелюлозній плівці відбувається слідує наступним чином. Витягнуту з радонметра після експонування нітратцелюлозну плівку обробляють в спеціальній посудині шестимольним

розчином гідроксиду натрію протягом 90 хвилин при температурі 50°C. Після травлення кількість треків на детекторі визначається іскровим методом, який реалізують за допомогою приладів: іскровий лічильник "АИСТ", вимірювальний комплекс "TRACK20102" тощо.

Основним засобом вимірювання рівноважної об'ємної активності радону-222 методом пасивної трекової дозиметрії є радонometr (рис. 5.2).

Конструктивно трековий радонometr представляє собою камеру об'ємом 100 см³, що складається з корпусу 1 та кришки 2. В камері кришки 2 розміщено дифузійний фільтр 3, який закріплюють притискним кільцем 4. Детектор, в якості якого використовують нітратцелюлозну плівку 5, що вставлена в рамку 7, розміщують в центрі корпусу 1 в направляючих 6. Плівка 5 в рамці 7 закріплена притискним кільцем 8. Для автоматичного обліку результатів рамка 7 маркірована отворами, кількість і розміщення яких визначають номер детектора та відповідають числу, що нанесено на поверхні рамки.

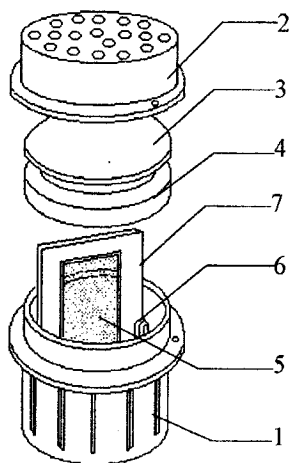


Рис. 5.2. Конструкція трекового радонметра

5.3. Методика вимірювань еквівалентної рівноважної активності радону-222 інтегральним трековим детектором

Методика визначення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 в повітрі приміщень повинна забезпечувати достовірність та єдність вимірювань з основною відносною похибкою в довірчому інтервалі 0,95, що відповідає метрологічній атестації радіометра РГА-05Н.

Інструментальний радіаційний контроль еквівалентної рівноважної активності радону-222 проводять протягом року при температурі повітря в приміщенні, де знаходиться вимірювальний прилад, не нижче мінус 10°C.

Вимірювання еквівалентної рівноважної активності радону-222 виконується трековими радонометрами в приміщеннях житлово-цивільного та промислового призначення з різними архітектурно-планувальними рішеннями. Доля кожного типу будівель, де виконуються вимірювання еквівалентної рівноважної активності, повинна відповідати частці цих архітектурно-планувальних рішень в забудові населеного пункту. Для однотипних будинків при виборі об'єкту дослідження враховується така ознака як забезпеченість різних режимів повітрообміну. Доцільно враховувати віковий та чисельний склад сім'ї, що мешкає в даній квартирі. В житлових будинках, дитячих та лікарських закладах вимірювання виконують на першому поверсі. Як виняток, дозволяється виконувати вимірювання в житлових будинках на другому поверсі. На інших об'єктах прилади встановлюють в тих приміщеннях, де концентрація радону-222 може бути найбільшою. У вибраних будівлях радонометр установлюють в спальні, житловій кімнаті, дитячій та інших, де час перебування людей є максимальним. З мешканцями обов'язково проводиться інструктаж, мета якого роз'яснити необхідність досліджень та їх безпечність для здоров'я людей.

В контрольному приміщенні інтегральний трековий детектор радону розміщується для експонування на відстані не менше одного метра від можливого джерела надходження радону-222, а саме стіна, підлога, стеля тощо. Місце розміщення інтегрального трекового детектора радону у вибраному приміщенні повинно виключати попадання прямих сонячних променів та бути не ближче ніж півметра від опалювальних та нагрівальних приладів. Умови експонування інтегрального трекового детектора радону в контрольному приміщенні повинні виключати попадання води на детектор, конденсацію вологи на його корпусі та осідання пилу на корпусі детектора в кількості, яка виключає контакт зовнішнього та внутрішнього повітря в корпусі.

Інтегральний трековий детектор радону експонують протягом заданого часу (1-2 місяці), але не більше максимального часу, величина якого вказується в свідоцтві про метрологічну атестацію радіометра. Після закінчення експонування обов'язково перевіряють ціліність корпусу детектора та присутність пломби.

До експонування та після його закінчення до травлення плівки детектора хімічним розчином інтегральний трековий детектор радону

необхідно зберігати запаяним у поліетиленовий пакет. Приміщення, в якому зберігаються в поліетиленових пакетах експоновані інтегральні трекові детектори радону, повинно бути сухим, прохолодним зі вмістом радону-222 в повітрі, що не перевищує $10 \dots 15 \text{ Бк/м}^3$.

Хімічна обробка плівки детекторів проводиться у рідинному термостаті розчином гідроксиду натрію з дотриманням часу та температури травлення, значення яких приведені в свідоцтві про метрологічну атестацію радіометра. По закінченню травлення трекові детектори промиваються дистильованою водою. Після контролю якості промивки трекові детектори висушуються в сушильній шафі. Після повного висихання плівки трекового детектора за допомогою лічильного пристрою підраховують щільність треків відповідно до вимог стандартної методики.

Вимірне значення еквівалентної рівноважної об'ємної активності /ЕРОА/ радону-222 в повітрі контрольованого приміщення розраховується згідно з формулою:

$$\text{ЕРОА} = 0,4 \frac{n - n_0}{t * I_0} \text{ Бк/м}^3 \quad (5.1)$$

де n - вимірне значення щільності треків на плівці детектора, трек/см²;

n_0 - рівень власного фону трекового детектора, трек/см²;

t - час експонування інтегрального трекового детектора радону в контрольному приміщенні, доба;

I_0 - чутливість вимірювання радону-222 в повітрі приміщень відповідно свідоцтва про метрологічну атестацію радіометра, трек·м³/Бк·см²·доба.

Значення похибки результатів вимірювань еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 розраховують згідно з формулою:

$$D_A = \text{ЕРОА} \frac{d_0}{100}, \text{ Бк, м}^3, \quad (5.2)$$

де ЕРОА - вимірне значення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222, в контрольному приміщенні, Бк/м³;

d_0 - границя допустимої основної відносної похибки вимірювання вмісту радону-222 в приміщенні, значення якого береться згідно з свідоцтвом про метрологічну атестацію радіометра, %.

Організація баз даних та обробка результатів вимірювань ЕРОА виконується відповідно сертифікату для вимірювання радону-222 в житлових приміщеннях, який заповнюється для кожного вимірювання. Бази даних створюються таким чином, щоб врахувати архітектурно-планувальні рішення, характер повітрообміну в приміщеннях тощо. Це дозволяє оптимізувати аналіз основних факторів, що впливають на

характер та величину рівнів іонізуючих випромінювань радону-222 з метою розробки моніторингу радононебезпеки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

1. Охарактеризуйте радон-222.
2. Яка шкідлива дія радону-222 на організм людини?
3. Допустимі рівні забруднення радоном-222 повітря приміщення.
4. Методи визначення концентрації радону-222 в повітрі приміщень.
5. Обладнання для вимірювання середньорічної еквівалентної рівноважної активності радону-222 в повітрі приміщень.
6. Методика вимірювання концентрації радону-222 інтегральним трековим радонометром.

6. УПРАВЛІННЯ Й ПРОГНОЗУВАННЯ В СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

6.1. Правові й організаційні основи моніторингу атмосферного повітря

Екологічне управління - свідома діяльність по регулюванню біосфери у відповідності з практичними завданнями суспільства на підставі установлених об'єктивних закономірностей природного або антропогенного характеру.

Завдання екологічного управління:

- знаходження зон стійкого стану екосистеми;
- відновлення вихідного стану екосистеми;
- перевід екосистеми в інший стійкий стан.

Основні принципи управління в системі моніторингу атмосферного повітря:

- управління здійснюється на базі цільових функцій з врахуванням попередніх та поточних показників стану атмосферного повітря, модельних прогностичних параметрів, планування організаційно-технічних заходів;

- управління стає практично здійсненим при оптимальному наборі інтегральних кількісних або якісних параметрів про стан атмосферного повітря;

- управління потребує постійного накопичення та декомпозиції бази даних;

- повнота управління визначається мірою та достовірністю врахування обміну енергією, речовиною та інформацією в даній екосистемі.

З метою визначення правових й організаційних вимог до охорони й використання атмосферного повітря Верховною Радою України 16 жовтня 1992 року прийнято закон "Про охорону атмосферного повітря", що включає 10 розділів:

1. Загальні положення;
2. Стандартизація й нормування в галузі охорони атмосферного повітря;
3. Міри по охороні атмосферного повітря;
4. Виконання вимог по охороні атмосферного повітря при проектуванні, будівництві й реконструкції промислових об'єктів;

5. Регулювання відносин в галузі використання атмосферного повітря;
6. Економічний механізм забезпечення охорони атмосферного повітря;
7. Контроль в галузі охорони атмосферного повітря;
8. Державний облік та моніторинг в галузі охорони атмосферного повітря;
9. Правопорушення в галузі охорони атмосферного повітря та відповідальність за них;
10. Міжнародні відносини.

Основні задачі цього закону:

- регулювання відношень в галузі атмосферного повітря з метою збереження, поліпшення та відтворення його стану;
- запобігання й зниження шкідливого хімічного, біологічного, фізичного та іншого впливу на атмосферне повітря;
- забезпечення раціонального використання атмосферного повітря для виробничих потреб;
- посилення правопорядку та законності в галузі охорони атмосферного повітря.

Законом передбачені обов'язки організацій, підприємств і установ по охороні атмосферного повітря:

- здійснювати організаційно-господарчі, технічні та інші міри по забезпеченню умов й вимог, що передбачені в дозволах на викиди забруднюючих речовин й на інший шкідливий вплив;
- приймати міри по зменшенню обсягів викидів забруднюючих речовин й зменшенню шкідливої дії фізичних й біологічних факторів;
- забезпечувати безперебійну ефективну роботу й підтримання в робочому стані споруд, обладнання й апаратури для очищення викидів й зменшення рівнів іншого шкідливого впливу;
- здійснювати контроль за об'ємом й складом забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря та рівнів іншого шкідливого впливу й вести їх постійних облік;
- мати заздалегідь розроблені спеціальні міри по охороні атмосферного повітря на випадок аварійних ситуацій та несприятливих метеоумов й приймати заходи для ліквідації причин та наслідків забруднення атмосфери.

Законом передбачається державний, виробничий та громадський контроль в галузі атмосферного повітря. Державний контроль в галузі

охорони атмосферного повітря здійснюється місцевими органами державної виконавчої влади, Міністерствами охорони навколишнього середовища й охорони здоров'я та їхніми органами на місцях, державною автомобільною інспекцією. Виробничий контроль за охороною атмосферного повітря виконують за проектуванням, будівництвом й експлуатацією споруд, обладнанням й апаратурою для очистки викидів в атмосферу; за забезпеченням приладами, що необхідні для постійного нагляду за ефективністю очищення; за дотриманням нормативів викидів забруднюючих речовин.

Відповідно до закону державному обліку й моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря належать:

- об'єкти, які шкідливо впливають або можуть вплинути на стан атмосферного повітря;
- об'єми атмосферного повітря, що використовуються в якості сировини основного виробничого призначення;
- види й розміри шкідливих речовин, що викидаються в атмосферне повітря;
- види й розміри шкідливого впливу фізичних й біологічних факторів на атмосферне повітря.

Чинним законодавством встановлено, що правопорушеннями в галузі охорони атмосферного повітря є:

- порушення прав громадян на екологічно безпечний стан атмосферного повітря;
- перевищення лімітів та нормативів гранично-допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
- перевищення нормативів гранично-допустимих рівнів шкідливого впливу фізичних й біологічних факторів на атмосферне повітря;
- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря та використання атмосферного повітря в якості сировини основного виробничого призначення без дозволу спеціально уповноважених на те державних органів;
- виконання незаконної діяльності, що шкідливо впливає на погоду й клімат;
- впровадження винаходів, раціоналізаторських пропозицій, нових технічних систем, речовин й матеріалів, а також закупівля в зарубіжжі та експлуатація технологічного обладнання, транспортних засобів та інших об'єктів, що не відповідають установленим вимогам по охороні атмосферного повітря;

- порушення правил складування й утилізації промислових й побутових відходів, транспортування, зберігання й використання засобів захисту рослин, стимуляторів їх росту, мінеральних добрив та інших препаратів, що визивають забруднення атмосферного повітря;

- проектування й будівництво об'єктів з порушенням норм й вимог по охороні й використанню атмосферного повітря;

- невиконання розпоряджень й приписів органів, що виконують державний контроль в галузі охорони й використання атмосферного повітря;

- відмова від надання своєчасної, повної та достовірної інформації про стан атмосферного повітря, джерела забруднення, а також приховування або спотворення інформації про стан екологічної обстановки, що склалася внаслідок забруднення атмосферного повітря.

Законом установлено, що особи, які винні в невиконанні чинного законодавства, несуть відповідальність відповідно законодавчих актів України.

6.2. Моделювання та оцінка якості повітряного басейну

Поряд з контролем якості повітряного басейну суттєве значення має моделювання його стану з метою прогнозування та управління в системі екологічного моніторингу. З цією метою використовуються фізичні й математичні методи екологічного моделювання.

Фізичне моделювання - це коли природне явище, яке вивчається, відтворюється в певному масштабі зі збереженням його фізичної суті.

Математичне моделювання--спосіб дослідження природних явищ шляхом вивчення процесів, що мають різний фізичний зміст, але описуються однаковими масштабними співвідношеннями.

Математична модель складається на основі формалізованої схеми явища, що досліджується. Екологічна система, що моделюється математичними методами, включає такі ознаки:

- наявність значної кількості взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів;

- взаємодія з зовнішнім середовищем;

- можливість розкладу системи на підсистеми;

- багатофакторність мети та завдань;

- можливість керування інформаційними потоками в системі.

Умовно моделі екологічних систем діляться на три типи.

Перший тип моделі - базується на фундаментальних законах світу (закони збереження енергії, маси, кількості руху, трансформації). При цій моделі відбираються найбільш суттєві закони для конкретного об'єкту та записуються в формалізованому вигляді, вирішуються записані рівняння та виконується інтерпретація отриманих результатів.

Прикладом математичної моделі першого типу є диференціальне рівняння, що описує турбулентну дифузію домішок в атмосфері та водному середовищі:

$$\frac{dC}{dt} = K_x \frac{d^2C}{dx^2} - V \frac{dC}{dx} - KC + F(x,t), \quad (6.1)$$

де C - концентрація домішки в об'ємі середовища;

K_x - коефіцієнт одновірної повздовжньої дифузії;

V - середня швидкість потоку в середовищі;

K - коефіцієнт, що характеризує самоочищення середовища;

t - час.

Процес дифузії шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери у випадку температурних інверсій та зміни характеристик джерел викидів й для будь-якої місцевості можна описати математичним рівнянням:

$$C(x,y) = \frac{Q}{\pi V G_y G_z} \exp\left[\frac{-y^2}{2G_y^2}\right] \left\{ \exp\left(-\frac{H^2}{2G_z^2}\right) + \exp\left[\frac{(2L-H)^2}{2G_z^2}\right] \right\}, \quad (6.2)$$

де $C(x,y)$ - концентрація шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери;

Q - потужність джерела викиду;

V - середня швидкість вітру по висоті;

G_y, G_z - поперечне і стандартне відхилення факелу;

H - висота джерела викиду;

L - висота температурної інверсії.

Моделі першого типу мають певні недоліки, що заключаються в значному спрощенні до реальної ситуації, в складності реального образу за допомогою багатопараметрової моделі та не виключають вплив випадкових факторів.

Другий тип моделі - базується на встановленні закономірностей функціонування екологічних систем шляхом статичного вияву в них взаємозв'язків. Розробка моделі другого типу включає такі етапи: вибір методу статичного аналізу; планування, процес отримання даних про об'єкт дослідження; компоновку даних, що характеризують екологічну систему; алгоритмування та розрахунки за допомогою комп'ютера статистичних співвідношень. Функція може бути описана одночленом,

многочленом або рівнянням регресії, а також може бути однієї або багатьох змінних.

Прикладом такої моделі є взаємозв'язок між концентраціями шкідливих забруднювачів атмосфери та метеорологічними умовами, що описується рівнянням регресії

$$\ln C_i = a + b_1 \ln C_{i+1} + b_2 \ln (T_3 + T_p - T) + b_3 \ln V, \quad (6.3)$$

де C_i - концентрація забруднюючих речовин;

C_{i+1} - концентрація забруднюючих речовин в наступний день;

T_3 - задана температура повітря;

T_p - розрахункова температура;

T - середньодобова температура оточуючого середовища;

V - швидкість вітру в даний момент;

a - вільний член рівняння регресії;

b_1, b_2, b_3 - коефіцієнти при переміщеннях.

Між величиною радіаційного балансу, що впливає на характер розповсюдження шкідливих викидів в приземному шарі атмосфери, та параметрами метричної інформації цифрової моделі місцевості встановлена залежність

$$R = 5487 - 79,8\varphi - 0,29H \text{ МДж/м}^2\cdot\text{рік}, \quad (6.4)$$

де φ - широта місцевості, градуси;

H - абсолютна висота місцевості, м.

Третій тип моделі - імітаційний, що базується на вивченні складної математичної моделі за допомогою експерименту на моделі та обробці експериментальних результатів дослідження.

Основні етапи створення імітаційної моделі:

- формування завдань вивчення екологічної системи та визначення вектору стану системи;
- введення системного часу, що моделює хід часу в екологічній системі, яка досліджується;
- декомпозиція об'єкту дослідження і побудова блочної конструкції імітаційної системи;
- формування законів і гіпотез функціонування екологічної системи в цілому і по блоках;
- розробка програми для блокових складових;
- верифікація блоків за даними дослідження;
- об'єднання блоків на базі стандартного або спеціально розробленого математичного забезпечення;

- верифікація моделі в цілому і перевірка її адекватності з врахуванням експортної оцінки спеціаліста-еколога;
- планування математичних експериментів;
- обробка й аналіз результатів чисельного експерименту.

Результати моделювання на основі інформаційних даних по інвентаризації викидів шкідливих речовин використовуються для оцінки якості повітряного басейну при проектуванні населених пунктів й мікрорайонів та реконструкції сформованих житлово-промислових комплексів. Критерієм якості повітряного басейну є не перевищення фактичних його параметрів нормативів гранично-допустимих викидів забруднюючих речовин й шкідливого впливу фізичних та біологічних факторів.

Для кожного діючого та й того, що проектується, підприємства встановлюються гранично-допустимі концентрації викидів забруднюючих речовин й значення шкідливого впливу фізичних й біологічних факторів.

Гранично-допустима концентрація (ГДК) - це максимальна концентрація домішок в атмосфері, що віднесена до певного часу усереднення, яка при періодичній дії чи протягом всього життя людини не справляє ні на неї, ні на навколишнє середовище в цілому шкідливої дії, включаючи віддалені наслідки.

При визначенні гранично-допустимих викидів забруднюючих речовин враховується їх концентрація в атмосфері, що обумовлена викидами від інших джерел:

$$C + C_{\phi} \leq ГДК, \quad (6.5)$$

де C - концентрація речовин в атмосферному повітрі від даного джерела, мг/м³;

C_{ϕ} - фонові концентрації забруднюючих речовин, мг/м³.

Максимальна разова гранично-допустима концентрація $ГДК_{max}$ - основна характеристика небезпечності шкідливої речовини, що встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світла, зміна активності головного мозку) при короткочасній дії атмосферних домішок.

Середньодобова гранично-допустима концентрація ($ГДК_{сд}$) характеризує загальнотоксичний, канцерогенний, мутагенний та інший вплив речовин на організм людини.

При одночасному вмісті в атмосфері декількох шкідливих речовин однонаправленої дії їх допустимі концентрації повинні задовольняти нерівності

$$(C_1/ГДК_1 + C_2/ГДК_2 + \dots + C_n/ГДК_n) \leq 1, \quad (6.6)$$

де C_1, C_2 та C_n - концентрації шкідливих речовин однонаправленої дії в атмосферному повітрі, мг/м^3 ;

$ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n$ - відповідні значення гранично-допустимих концентрацій цих речовин, мг/м^3 .

Значення гранично-допустимих концентрацій шкідливих речовин та аерозолів наведені в табл. 6.1 та 6.2.

Значення допустимих рівнів шуму для різних типів приміщень та територій наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.1.

Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів

Речовина	Гранично-допустима концентрація, мг/м^3		Клас безпеки
	максимальна разова $ГДК_{\text{max}}$	середньодобова $ГДК_{\text{сд}}$	
Азоту діоксид	0,035	0,04	2
Азоту оксид	0,6	0,06	3
Сірки діоксид	0,5	0,05	3
Сірчана кислота	0,3	0,1	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	3
Оксид вуглецю	3,0	1,0	4
Аміак	0,2	0,04	4
Сірковуглець	0,008	0,008	4
Хлор	0,1	0,03	4
Бензатірен	-	$1 \cdot 10^{-6}$	1
Сажа (кіпоть)	0,15	0,05	3
Формальдегід	0,035	0,012	3
Вугільна зола ТЕЦ	0,05	0,02	2

Допустимі рівні радіаційних параметрів, що регламентовані державними будівельними нормами з урахуванням класифікації об'єктів, наведені в табл. 6.4.

Гранично-допустимі концентрації аерозолів

№	Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Клас безпеки
1	Кремнієвовамісний пи́л, який містить 70% та більше металевого пи́лу діоксиду кремнію	1	3
2	Кремнію карбід	6	4
3	Пи́л рослинного й тваринного походження		
	а) хлопковий, хлопка-бумажтї, льняний	2	4
	б) мучний, дерев'яний	6	4
4	Сажі чорної промисловості	4	4
5	Силікатний та силікатовмісний пи́л:		
	а) азбест природний та штучний	2	4
	б) азбестоцемент	6	4
	в) тальк, слюда-флагоніт	4	4
	г) скляне й мінеральне волокно	4	4
	д) цемент, апатит, глина, крейда	6	4
6	Вуглеводний пи́л		
	а) кокс нартовий, піщаний, сланцевий	6	4
	б) алмази природні та штучні	3	4

Сполучення шкідливих речовин, що мають однонаправлену сумарну дію:

- а) озон + діоксид азоту + формальдегід;
- б) сірчистий газ + діоксид азоту;
- в) сірчистий газ + аерозоль сірчаної кислоти;
- г) сірчистий газ + фтористий водень.

Гранично-допустимий викид (ГДВ) - максимальний викид шкідливої речовини в атмосферу (т/рік, г/с) від кожного джерела викиду, за кожним інгредієнтом з урахуванням перспективи розвитку підприємства і сумачі шкідливої дії, фонового забруднення і кліматичних умов місцевості, який при розсіюванні не перевищує в приземному шарі селітебної зони гранично-допустимі концентрації для населених місць, нормативні якості повітря для населення, тваринного й рослинного світів.

Гранично-допустимий викид для одиночного джерела викидів з круглим гирлом при викиді нагрітої газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$ГДВ = (ГДК - C_{\phi}) \cdot \frac{H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V \Delta T}, \quad (6.7)$$

де H - висота джерела викиду, м;

A - коефіцієнт температурної стратифікації;

F - коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері;

V - витрати газоповітряної суміші;

ΔT - різниця температур газопровідної суміші та навколишнього середовища;

m, n - коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла;

η - коефіцієнт, що враховує рельєф місцевості.

Перелік шкідливих речовин, що підлягають контролю, визначається на основі інформації про характер викидів і їх величини.

Таблиця 6.3.

Допустимі рівні звуків

Типи приміщень та територій	Допустимі рівні звуку, дБ	
	вдень	вночі
Жилі кімнати квартир, спальні, приміщення у дитячих закладах, будинках відпочинку, будинках-інтернатах	40	30
Лікарні (палати, операційні)	35	35
Поліклініки	35	-
Гуртожитки, готелі	45	35
Школи, дитячі заклади, класні приміщення	40	-
Адміністративні будинки	50	-
Їдальні, кафе, ресторани	55	-
Магазини, побутові установи	60	-
Територія житлової забудови, дитячих закладів, будинків поліклінік	55	45
Територія майданчиків відпочинку лікарень	35	-

Таблиця 6.4.

Допустимі рівні регламентованих радіаційних параметрів

Групи будівельних об'єктів	Допустимий рівень регламентованого радіаційного параметра		
	Потужність поглиненої дози в приміщенні, МкР/год	Середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність радону-222, Бк/м ³	Ефективна питома активність природних радіонуклідів, Бк/кг
1. Побудовані, реконструйовані та капітально відремонтовані об'єкти житлово-цивільного та промислового призначення при введенні їх в експлуатацію	≤ 30	≤ 50	≤ 370
2. Об'єкти житлово-цивільного та промислового або іншого призначення, які введені в експлуатацію до 01.01.1998 року	≤ 50	≤ 50	не нормується
3. Об'єкти промислового та дорожнього призначення, де виключене тривале перебування людей, та будівництво шляхів в межах населених пунктів та зон перспективної забудови	не нормується	не нормується	≤ 740

Пріоритетність шкідливих інгредієнтів визначають на основі параметру споживання повітря (ПВ).

Потрібний параметр споживання повітря визначають за формулою:

$$ПВ_{ni} = M_i / ГДК_i, \quad (6.8)$$

а реальний параметр споживання повітря за формулою:

$$PB_{pi} = M_i / q_i , \quad (6.9)$$

де M_i - сумарна кількість викидів i -го інгредієнта;

$ГДК_i$ - гранично-допустима концентрація i -го інгредієнта;

q_i - концентрація, що встановлена за даними спостереження або розрахунками.

Якщо $PB_{ni} > PB_{pi}$, то концентрація i -го інгредієнта перевищує гранично-допустиму концентрацію і тоді потрібен контроль кількості даної шкідливості в атмосферному повітрі.

Максимальні викиди в атмосферу можна зменшити зміною параметрів викиду, зокрема збільшенням висоти джерела викиду. Ефективним заходом по зменшенню забруднення є створення санітарно-захисних зон навколо підприємств з явним перевищенням рівнів шкідливих викидів в атмосферу.

6.3. Прогнозування та розрахунок забруднення атмосферного повітря

6.3.1. Прогнозування рівнів забруднення атмосфери

Прогнозування рівня забруднення атмосферного повітря виконують з метою оцінки санітарної ситуації та перспективи її розвитку з врахуванням росту промисловості та автотранспорту, що може привести до збільшення об'ємів шкідливих викидів.

Методи прогнозування забруднення атмосферного повітря ґрунтуються на результатах теоретичного і експериментального вивчення закономірностей розповсюдження домішок від їх джерел. Найбільш універсальний напрямок, що дозволяє досліджувати розповсюдження домішок від джерел різного типу і при різних характеристиках повітряного басейну, базується на розробці теорії атмосферної дифузії.

Другий напрямок базується на емпірично-статистичному аналізі розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері за допомогою інтерполяційних моделей гаусівського типу.

На основі закону збереження маси при переносі речовин з врахуванням розсіювання, молекулярної та турбулентної дифузії й біохімічного самоочищення для прогнозу забруднення атмосферного повітря як вихідне з припущеннями, що процес поперечної та повздовжньої дифузії є стаціонарним і сумарне поле концентрації визначається за принципом суперпозиції, використовується рівняння

$$\frac{dC}{dt} = \text{div}[CV + (M+D)\text{grad } C] + a C_i \quad (6.10)$$

де C - концентрація забруднюючих речовин незмінних в часі t ;

C_i - концентрація забруднюючих речовин змінних в часі t ;

V - швидкість переміщення атмосферного повітря;

M - коефіцієнт молекулярної дифузії;

D - коефіцієнт турбулентної дифузії;

a - коефіцієнт, що враховує біохімічні процеси при самоочищенні.

Забруднення атмосферного повітря можна визначити за допомогою рівняння дифузії, яке має вигляд:

$$V_x \frac{dC}{dx} + V_y \frac{dC}{dy} + V_z \frac{dC}{dz} = D_x \frac{d^2C}{dx^2} + D_y \frac{d^2C}{dy^2} + D_z \frac{d^2C}{dz^2} \quad (6.11)$$

де C - концентрація домішок в атмосфері;

V_x, V_y, V_z - проєкцій швидкості вітру на вибрані координатні осі;

D_x, D_y, D_z - коефіцієнти дифузії по тих же осях.

Рішення рівняння дифузії (6.11) зводиться до розв'язання інтегральних рівнянь:

$$\iint_{S_x} [C'(x) - V_x / D_x \cdot C'(x) + K_x^2 C(x)] dx^2 = 0, \quad (6.12)$$

$$\iint_{S_y} [C'(y) - V_y / D_y \cdot C'(y) + K_y^2 C(y)] dy^2 = 0, \quad (6.13)$$

$$\iint_{S_z} [C'(z) - V_z / D_z \cdot C'(z) + K_z^2 C(z)] dz^2 = 0, \quad (6.14)$$

де K_x, K_y, K_z - змінні параметри, що визначаються за результатами експериментальних спостережень в конкретних умовах.

Процес надходження радіонуклідів радону-222 в повітря приміщень внаслідок ексхаляції через огорожувальні конструкції будівель при радіоактивному розпаді радію-226 описується рівнянням:

$$C_o(t) = \left[\frac{\sum q_i S_i}{W(\lambda_o + \lambda_v)} + \frac{C_o^0 \lambda_v}{(\lambda_o + \lambda_v)} \right] \{ 1 - \exp[-(\lambda_o + \lambda_v)t] \} + C_o(O) \exp[-(\lambda_o + \lambda_v)t], \quad (6.15)$$

де q_i - швидкість ексхаляції радону через огорожувальні конструкції будівлі, що мають площу S_i ;

W - об'єм приміщення;

λ_o - постійна розпаду радону;

λ_v - кратність повітрообміну в приміщенні;

$C_o(O)$ - об'ємна активність радону в приміщенні при $t=0$;

C_o^a - об'ємна активність радону в атмосферному повітрі.

Октавні рівні тиску в точці на прилеглий території від джерела шуму визначаються за формулою:

$$L = L_o - \Delta L_o - 20 \lg d - \beta d / 1000 + \delta - 8 \text{ дБ}, \quad (6.16)$$

де L_o - октавні рівні звукової потужності джерела шуму;

ΔL_o - сумарне зниження рівнів звукової потужності на шляху розповсюдження шуму d ;

β - коефіцієнт, що враховує затухання звуку в атмосфері;

δ - поправка, що враховує розташування розрахункової точки відносно осі випромінюваного шуму елемента установки.

6.3.2. Розрахунок забруднення атмосферного повітря транспортними засобами

Вихідними даними для розрахунків є склад транспортних засобів, річний пробіг транспортом кожної групи, технічний стан та середній вік транспорту та питомі викиди шкідливих речовин.

Маса викинутої в атмосферу за рік шкідливої j -ої речовини при наявності в групі транспортних засобів з різними типами двигунів внутрішнього згорання визначається за формулою:

$$G_j = \sum_i^i \sum_k^k q_{jk} l_{ik} K_{nt} \text{ т/рік}, \quad (6.17)$$

де i - число груп транспортних засобів;

q_{jk} - питомий викид j -ої шкідливої речовини транспортним засобом i -ої групи з двигуном k -го типу за розрахунковий період, г/км; (табл. 6.5);

l_{ik} - пробіг транспортного засобу i -ої групи з двигуном k -го типу за розрахунковий період, км;

K_{am} - коефіцієнт впливу технічного стану й середнього віку транспортного засобу на викид j -ої шкідливої речовини транспортним засобом i -ої групи з двигуном k -го типу (табл. 6.6).

Приклад розрахунку річних викидів шкідливих речовин транспортними засобами наведено в табл. 6.7.

На основі отриманих результатів розрахунку річних викидів шкідливих речовин транспортними засобами розробляються організаційно-технічні заходи по їх зменшенню.

Таблиця 6.5.

Питомі викиди шкідливих речовин транспортними засобами

Група транспортних засобів	Питомі викиди, г/км		
	оксид вуглецю	вуглеводні	оксиди азоту
Вантажні з бензиновим двигуном	112	27	10
Вантажні з дизельним двигуном	15	6,5	7,5
Вантажні з двигуном на природному газі	27,5	4,5	4,0
Автобуси з бензиновим двигуном	52,0	10	6,4
Автобуси з дизельним двигуном	15,0	6,4	8,5
Легкові	16,5	1,6	2,1

Таблиця 6.6.

Коефіцієнт впливу технічного стану й середнього віку на викиди шкідливих речовин

Група транспортних засобів	Коефіцієнт впливу на викиди		
	оксидів вуглецю	вуглеводнів	оксидів азоту
Вантажні з бензиновим двигуном	2,24	2,23	0,8
Вантажні з дизельним двигуном	2,39	2,40	1,0
Автобуси з бензиновим двигуном	2,21	2,23	0,8
Автобуси з дизельним двигуном	2,28	2,34	1,0
Легкові	2,07	2,08	0,9

6.3.3. Розрахунок викидів забруднюючих речовин при спалюванні палива

Розрахувати викид забруднюючих речовин в районі теплоелектроцентралі цукрового заводу, на якій встановлено 5 котлів ДКВР-10/23-350. Один з котлів є резервним. Паливом є високосірчастий зольний мазут, що має такі основні характеристики:

- зольність робочої маси $A^p=0,14\%$;
- вміст сірки в робочій масі $S^p=3,5\%$;
- нижча теплота згорання $Q_n^p=39,9$ МДж/кг.

Розрахунок річних викидів шкідливих речовин

Тип транспортних засобів	Кількість, штук	Середній річний пробіг на одиницю, тис.км/рік	Річні викиди, т/рік			
			окси-дів вуглецю	вуглеводнів	окси-дів азоту	Всього
Вантажні з бензиновим двигуном	8	21,4	42,95	10,31	1,41	54,67
Вантажні з дизельним двигуном	10	24,5	8,78	3,82	1,84	14,44
Автобуси з бензиновим двигуном	2	16,7	3,95	0,77	0,18	4,90
Легкові	4	18,2	2,49	0,24	0,14	2,83
Разом			58,17	15,14	3,57	76,84

Тривалість роботи ТЕЦ під час цукроваріння $T=67$ діб. Витрати мазуту за цей час $B_p=4215$ т. Золотовловлювачі на ТЕЦ відсутні.

Максимальні секундні витрати мазуту

$$B_c = (B_p \cdot 10^6) / (T \cdot 86400) = 4215 \cdot 10^6 / (67 \cdot 86400) = 728 \text{ г/с.}$$

Кількість твердих частинок золи, що викидається в атмосферу, визначається за формулою:

$$M_{mp} = B_p A^p f_m (1 - \eta_s) \text{ т/рік,} \quad (6.18)$$

де f_m - коефіцієнт враховує долю золи в виносі, $f_m=0,01$;

η_s - коефіцієнт корисної дії золотовловлювачів, $\eta_s = 0$.

Кількість діоксиду сірки, що викидається в атмосферу, визначається за формулою:

$$M_{so_2}^p = B_p f_{so_2} S^p (1 - \eta'_{so_2}) (1 - \eta_{so_2}) \text{ т/рік,} \quad (6.19)$$

де η'_{so_2} - доля оксидів сірки, що зв'язана з летючою золою палива,

$$\eta'_{so_2} = 0,02;$$

η_{so_2} - доля оксидів сірки, що вловлюється, $\eta_{so_2} = 0$;

f_{so_2} - коефіцієнт, що враховує долю оксидів сірки у виносі, $f_{so_2} = 0,02$.

Кількість оксидів вуглецю, що викидається в атмосферу, визначається за формулою:

$$M_{CO_2} = B_p \cdot f_{CO_2} \cdot Q_H^P K_{CO} (1 - q_4 / 100) \text{ т/рік}, \quad (6.20)$$

де f_{CO_2} - коефіцієнт, що враховує долю оксидів вуглецю у виносі,

$$f_{CO_2} = 0,001;$$

q_4 - втрати теплоти з виносом від механічної неповноти згорання, $q_4 = 0$;

K_{CO} - вихід оксиду вуглецю при спалюванні 1 т мазуту, що визначається за формулою:

$$K_{CO} = q_3 R Q_H^P \text{ кг/т}, \quad (6.21)$$

де q_3 - втрати теплоти від хімічної неповноти згорання, $q_3 = 0,4\%$;

R - коефіцієнт, що враховує долю втрати теплоти внаслідок хімічної неповноти згорання, $R = 0,65$.

Кількість оксидів азоту, що викидаються в атмосферу, визначається за формулою:

$$M_{NO_x}^p = B_p \cdot f_{NO_x} \cdot Q_H^P K_{NO_x} (1 - \beta) \text{ т/рік}, \quad (6.22)$$

де f_{NO_x} - коефіцієнт, що враховує долю оксидів азоту у виносі, $f_{NO_x} = 0,001$;

K_{NO_x} - питомі викиди оксидів азоту на 1 гДж тепла при номінальному навантаженні котла, $K_{NO_x} = 0,115$;

β - коефіцієнт, що враховує ступінь викидів за рахунок технічних заходів, $\beta = 0$.

Результати розрахунків викидів забруднюючих речовин при спалюванні мазуту $B_p = 4215$ т/рік наведені в табл. 6.8.

Таблиця 6.8.

Викиди забруднюючих речовин ТЕЦ

Назва викидів	Кількість викидів	
	річних, т/рік	секундних, г/с
Зола	5,9	1,02
Діоксид сірки	289,0	49,94
Оксиди вуглецю	53,8	7,55
Оксиди азоту	19,3	3,11

6.3.4. Розрахунок максимальних концентрацій шкідливих речовин від джерела викиду

Джерело викиду - труба ТЕЦ, паливом якої є високосірчастий зольний мазут. Шкідливими викидами є зола, оксиди сірки, оксиди вуглецю та оксиди азоту, величини яких наведені в табл. 6.8.

Характеристика джерела викиду:

- висота димової труби $H = 65$ м;
- діаметр гирла труби $D = 3,2$ м;
- температура викиду $T_{\text{вк}} = 170^{\circ}\text{C}$;
- температура оточуючого середовища $T_n = +18,7^{\circ}\text{C}$;
- об'єм димових газів на 1 кг мазуту $V_2 = 16$ м³/кг.

Температура газів на виході із труби з врахуванням оточуючого охолодження обчислюється за формулою:

$$T = T_{\text{вк}} - 0,4H / \sqrt{D}, \quad (6.23)$$

де $T_{\text{вк}}$ - температура викиду, $^{\circ}\text{C}$;

H - висота димової труби, м;

D - діаметр гирла труби, м.

$$T = 170 - 0,4 \cdot 65 / \sqrt{3,2} = 155^{\circ}\text{C}.$$

Секундні витрати димових газів з труби

$$V_c = V_2 V_c - (T+273)/273 \cdot 1013/P \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6.24)$$

де V_c - секундні витрати мазуту (0,728 кг/с);

P - барометричний тиск (987 Па).

$$V_c = 16 \cdot 0,728 (155+273)/273 \cdot 1013/987 = 18,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Швидкість димових газів при виході з труби

$$W = 4V_c/(\pi D^2) = 4 \cdot 18,7/(3,14 \cdot 3,2^2) = 2,32 \text{ м/с}.$$

Максимальна приземна концентрація шкідливих викидів

$$C_{\text{мі}} = \frac{AM_i F_{\text{мтл}} \eta}{H^2 \sqrt{V_c \Delta T}} \text{ мг/м}^3, \quad (6.25)$$

де A - коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери (180...200);

M_i - кількість i -ої шкідливої речовини в викиді в атмосферу, г/с;

H - висота джерела викиду, м;

V_c - секундні витрати димових газів, м/с;

ΔT - різниця температури викиду і зовнішнього повітря,

$$\Delta T = T - T_n = 155 - 18,7 = 136,3^{\circ}\text{C};$$

η - безрозмірний коефіцієнт, що враховує рельєф місцевості (для

рівнинного $\eta = 0$);

F - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері (для газоподібних речовин $F = 1,0$; для дрібнодисперсних аерозолей при очищенні 90% викидів $F = 2,0$);

m, n - коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду.

Коефіцієнт m визначається в залежності від параметра, величину якого устанавлюють із співвідношення:

$$f = 1000 \frac{W_a^2 D}{H^2 \Delta T}, \quad (6.26)$$

за формулою

$$m = 1 / (0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}). \quad (6.27)$$

Коефіцієнт n визначається в залежності від параметрів f та V_m , величину останнього визначають за формулою:

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_c \Delta T}{H}}. \quad (6.28)$$

Якщо параметр $f < 100$, а $V_m \geq 2$, то коефіцієнт $n = 1,0$.

При $0,5 \leq V_m < 2$ параметр n обчислюються за формулою:

$$n = 0,532 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,15 \quad (6.29)$$

При $V_m < 0,5$ параметр $n = 4,4 V_m$.

Результати розрахунків максимальних концентрацій шкідливих речовин від джерела викиду, яким є труба ТЕЦ, наведені в табл. 6.9.

Таблиця 6.9.

Максимальні концентрації шкідливих речовин

Назва викидів	Фонова концентрація, мг/м ³	Концентрація викидів, мг/м ³	Сумарна концентрація, мг/м ³
Зола	0,2	0,18	0,38
Оксиди сірки	0,1	0,15	0,25
Оксиди вуглецю	0,15	0,20	0,35
Оксиди азоту	0,03	0,02	0,05

Відстань від джерела викиду до місця знаходження максимальної концентрації шкідливих викидів при несприятливих метеороумовах визначається за формулою:

$$X_m = \alpha H, \quad (6.30)$$

де α - безрозмірний коефіцієнт при $V_m > 2,0$ визначається за формулою:

$$\alpha = 7 \sqrt{V_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}). \quad (6.31)$$

Значення небезпечної швидкості вітру, при якій будуть найбільші значення приземної концентрації в атмосфері при $V_m > 2,0$, визначається за формулою:

$$U_m = V_m (1 + 0,18 \sqrt{f}). \quad (6.32)$$

6.4. Економічний механізм забезпечення моніторингу атмосферного повітря

Величина плати за викиди в атмосферу забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення визначається за формулою:

$$P_{ac} = \sum_{i=1}^n [(H_{i,l} \cdot M_{i,l}) + (K_n H_{i,l} M_{i,p})] \cdot K_T, \quad (6.33)$$

де $H_{i,l}$ - норматив плати за викиди в атмосферу 1 тонни i -ої забруднюючої речовини в межах ліміту, грв/т; ($NO_2 = 53$ грв/т, $CO = 2$ грн/т, $SO_2 = 53$ грв/т, пил = 13 грв/т);

$M_{i,l}$ - маса річного викиду i -ої забруднюючої речовини в атмосферу в межах ліміту, т;

K_n - коефіцієнт кратності плати за понад лімітний викид в атмосферу забруднюючих речовин, який встановлюється місцевими органами влади ($K_n = 2 \dots 5$);

$M_{i,p}$ - маса понадлімітного річного вкладу в атмосферу забруднюючої речовини, т;

K_m - коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні та соціально-економічні особливості:

$$K_m = K_{нас} \cdot K_{\phi},$$

де $K_{нас}$ - коефіцієнт, що залежить від чисельності населення міста (1,0...1,2);

K_{ϕ} - коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення міста (0,60; 1,25; 1,65).

Величина платежів за викиди в атмосферу забруднюючих речовин пересувними джерелами забруднення визначається за формулою:

$$P_m = \sum_{i=1}^n (H_i M_i) K_T, \quad (6.34)$$

де H_i - норматив плати за викид забруднюючих речовин, що утворюються в результаті спалення 1 тонни i -го палива, грв/т (дизельне пальне $H_D = 0,3$ грв/т, бензин едильований $H_B = 0,4$ грв/т);

M_i - річний об'єм використаного пального i -го викиду, т;

K_m - коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні особливості ($K_m = 1,0 \dots 4,0$).

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

1. Задачі й принципи управління в системі моніторингу атмосферного повітря.
2. Правові основи моніторингу атмосферного повітря.
3. Методи моделювання якості повітряного басейну.
4. Нормування й контроль за забрудненням атмосферного повітря.
5. Прогнозування рівнів забруднення атмосферного повітря.
6. Розрахунок забруднення атмосферного повітря транспортними засобами.
7. Розрахунок викидів забруднюючих речовин при спалюванні палива.
8. Розрахунок максимальних концентрацій шкідливих речовин від джерела викиду.
9. Розрахунок економічних показників ефективності моніторингу атмосферного повітря.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України.- К.: 1996.- 10 с.
2. Закон України “Про охорону атмосферного повітря”.- К.: 1992.- 8 с.
3. Бронштейн Д.Л., Александров Н.Н. Современные средства измерения загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1989. - 327 с.
4. Валуев В.Е. Информационные и мониторинговые системы в Беларуси. В кн.: Рациональное использование природных ресурсов.- Брест: Центр Трансфера Технологий, 1998. - с. 3-10.
5. Голубець М.А. та інші. Конспект лекцій з курсу “Екологія та охорона природи”.- К.: НМК ВО.- 216 с.
6. Горстко А.Б., Угольницький Г.А. Введение в моделирование эколого-экономических систем.- Ростов-на-Дону. Издательство Ростовского университета, 1990.- 112 с.
7. Гушля А.В., Мезенцев В.С. Воднобалансовые исследования. - К.: Выща школа, 1982. - 239 с.
8. ДБН В.1.4.-1.01.97. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. - К.: Держкоммістобудування України, 1997.- 100 с.
9. ДБН Б.2.4.-1-94. Планування й забудова сільських поселень.- К.: Держкоммістобудування України, 1994.- 91 с.
10. ДЕСТ 17.0.0.04 -90. Охрана природы. Экологичний паспорт промислового підприємства.- М.: Видавництво стандартів, 1990.- с.22.
11. ДЕСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила встановлення гранично-допустимих викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами.- М.: Видавництво стандартів, 1976.- 14 с.
12. Екологічний стан Вінницької області в 1994-1995 роках. Довідник. Під ред. Яворської О.Г.- Вінниця, 1996.- 78 с.
13. Капинос П.И., Панасенко Н.А. Охрана природы.- К.: Вища школа, 1989. - 255 с.
14. Лаптев А.А. и др. Охрана и оптимизация окружающей Среды.- К.: Либідь, 1990.- 256 с.
15. Лялюк О.Г. Обоснования оптимизации мониторинга радионормности урбанизованных территорий. В кн.: Рациональное использование природных ресурсов. - Брест: Центр Трансфера Технологий, 1998. - с. 100-102.

16. ОНД-86. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться в викидах підприємств.- Л.: Гідрометео видав., 1987.- 93 с.

17. Ратушняк Г.С. Инженерные изыскания и специальные гидролого-климатические исследования.- К.: УМК ВО, 1991.- 116 с.

18. Ратушняк Г.С. Составление гидролого-климатических карт с использованием цифровой модели местности.- Львів: Геодезія, картографія и аерофотосъемка”, 1989, Вип.50. с.117-121.

19. Сердюк В.Р. Радіаційна небезпека для населення. - Вінниця: Континент - ПРИМ, 1997.- 23 с.

20. Сердюк В.Р., Лялюк Е.Г. Исследование закономерностей формирования радоноопасности жилых помещений. Труды международной научно-технической конференции “Проблемы строительного и дорожного комплексов”, Брянск, БГИТА, 1998. с. 291-295.

21. Сердюк В.Р., Ратушняк О.Г., Наконечна О.В. Особливості радіаційного фактору в Україні.- Вінниця: Вісник ВПІ, 1995, №2. с.17-20.

22. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.- М.: Стройиздат, 1987. - 66 с.

23. СНиП 2.02.01-82. Строительная климатология и геофизика.- М.: Стройиздат, 1983, с. 76.

24. Северин Л.І. Захист атмосфери. Ч.1.- Вінниця: ВПІ, 1994. -177 с.

25. Стоянов М.І. Захист навколишнього середовища в проектних розробках студентів. К.: ІСДО, 1996. - 152 с.

26. Шпак Г. Моніторинг довкілля та інженерні методи охорони біосфери.-Львів: Львівська політехніка, 1997.- 234 с.

27. Экологическая антология (экологические произведения западных авторов).- Москва-Бостон: 1992.- 268 с.

Передмова	3
1. Мета моніторингу та загальні аспекти забруднення атмосферного повітря	5
1.1. Мета і функції моніторингу атмосферного повітря	5
1.2. Розповсюдження забруднювачів в атмосфері та їх властивості	8
1.3. Наслідки забруднення атмосферного повітря	16
1.4. Екологічні вимоги до об'єктів господарської діяльності	20
2. Організація та проведення спостережень за рівнем забруднення атмосфери	23
2.1. Мета і види обстеження	23
2.2. Організація спостережень за рівнем забруднення атмосфери	24
2.3. Спостереження за рівнем забруднення атмосфери викидами автотранспорту	27
2.4. Проведення метеорологічних спостережень	28
2.5. Обробка та аналіз матеріалів	29
3. Методи й технічні засоби відбору проб повітря.....	31
3.1. Загальні відомості про методи вимірювання шкідливих речовин в атмосфері	31
3.2. Поглинальне обладнання	32
3.3. Фільтри й фільтроутримувачі	34
3.4. Витратоміри	35
3.5. Побудники витрати та електроаспіратори	37
3.5.1. Електроаспіратори з ротаційним побудником витрати моделей ЕА-1А, ЕА-1, 822	38
3.5.2. Електроаспіратор з вентиляційним побудником витрати ЕА-2	39
3.5.3. Конструктивні особливості інших електроаспіраторів	40
4. Методи й засоби лабораторного та автоматичного контролю стану атмосферного повітря	42
4.1. Спектрофотометричний метод лабораторного аналізу проб повітря	42
4.2. Метод газової хроматографії лабораторного аналізу проб повітря	45
4.3. Електрохімічний метод та апаратура для його реалізації	47
4.4. Інфрачервоний метод й прилади для його реалізації	49
4.5. Люмінесцентний метод й прилади для його реалізації	50
4.6. Полум'я-іонізаційний метод й прилади для його реалізації	52

4.7. Комплексні лабораторії для спостереження за рівнем забруднення атмосфери	53
5. Моніторинг радононебезпеки повітря на об'єктах житлово-цивільного та промислового призначення	58
5.1. Методи контролю радононебезпеки	58
5.2. Обладнання для визначення середньорічної еквівалентної рівноважної активності радону-222	64
5.3. Методика вимірювань еквівалентної рівноважної активності радону-222	65
6. Управління й прогнозування в системі моніторингу атмосферного повітря	69
6.1. Правові й організаційні основи моніторингу атмосферного повітря	69
6.2. Моделювання та оцінка якості повітряного басейну	72
6.3. Прогнозування і розрахунок забруднення атмосферного повітря	80
6.3.1. Прогнозування рівнів забруднення атмосферного повітря	80
6.3.2. Розрахунок забруднення атмосферного повітря транспортними засобами	82
6.3.3. Розрахунок викидів забруднюючих речовин при спалюванні палива	83
6.3.4. Розрахунок максимальних концентрацій шкідливих речовин від джерела викиду	86
6.4. Економічний механізм забезпечення моніторингу атмосферного повітря	88
Література	90

**Міністерство освіти України
Вінницький державний технічний університет**

Навчальне видання

**Олена Георгіївна Лялюк
Георгій Сергійович Ратушняк**

**МОНІТОРИНГ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

**Навчальний посібник
Вінниця ВДТУ 1998**

Редактор Т.А. Ягельська

Тир. 50 прим. Зам. №

ВДТУ, 286021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95