



## АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

**М. В. Семененко**

*Київський національний університет будівництва і архітектури,  
31, пр. Повітрофлотський, м. Київ, Україна, 03680.  
E-mail: mary-scorp@yandex.ru*

*Отримана 16 травня 2014; прийнята 21 листопада 2014.*

**Анотація.** У статті представлено результати аналізу методологічного визначення концентрації шкідливих речовин у повітряному середовищі, який згруповано в три підходи. Перший підхід – створення фізико-математичних моделей розсіювання, які базуються на законах аеродинаміки, турбулентної дифузії та збереження маси. Другий підхід – створення чисельних та аналогових моделей, більшість яких базуються на вченнях Ейлера та Лагранжа. Третій підхід – створення емпірично-статистичних моделей розсіювання, які базуються на регресійному аналізі даних. Виконано аналіз методик розрахунку викидів шкідливих речовин від різних джерел викиду. Виявлено загальний недолік, який впливає на достовірність отриманих результатів. Розроблено методику, яка використовує, як реальні, дані спостереження, а при відсутності їх – розрахункові з великою кількістю вхідних параметрів для більшого приближення до реальності.

**Ключові слова:** аналіз, метод, концентрація, шкідливі речовини, навколишнє середовище.

## АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

**М. В. Семененко**

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры,  
31, пр. Воздухофлотский, г. Киев, Украина, 03680.  
E-mail: mary-scorp@yandex.ru*

*Получена 16 мая 2014; принята 21 ноября 2014.*

**Аннотация.** В статье представлен результат анализа методологического определения концентрации вредных веществ в воздушной среде, который сгруппирован в три подхода. Первый подход – создание физико-математических моделей рассеивания, которые базируются на законах аэродинамики, турбулентной диффузии и сохранения массы. Второй подход – создание численных и аналоговых моделей, которые в своем большинстве базируются на учениях Эйлера и Лагранжа. Третий подход – создание эмпирично-статистических моделей рассеивания, которые базируются на регрессионном анализе данных. Выполнен анализ методик расчета выбросов вредных веществ от различных источников выброса. Выявлен общий недостаток, который влияет на достоверность полученных результатов. Разработана методика, которая использует, как реальные данные наблюдения, а при отсутствии их – расчетные с большим количеством входных параметров для большего приближения к реальности.

**Ключевые слова:** анализ, метод, концентрация, вредные вещества, окружающая среда.

## ANALYSIS METODOLOGICHNI APPROACHES TO THE DEFINITION OF CONCENTRATION OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE AIR

Maryna Semenenko

*Kiev National University of Construction and Architecture,*

*31, Povitroflotsky Av., Kyiv, Ukraine, 03680.*

*E-mail: mary-scorp@yandex.ru*

*Received 16 May 2014; accepted 21 November 2014.*

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of methodological determine the concentration of harmful substances in the air, which are grouped into three approaches. The first approach is the development of physics-mathematical models of dispersion, which are based on the laws of aerodynamics, turbulent diffusion and mass conservation. The second approach is the creation of numerical and analog models. The third approach is to create experiential – statistical models of dispersion, which are based on the regression analysis of the data. The analysis of calculation methods of analysis of harmful substances in the air from sources is fulfilled. The common flaw, which affects the reliability of the results. The technique, which uses as real observation, and in their absence – calculated with plenty of input parameters for more approaching to reality is recommended.

**Keywords:** analysis, method, concentration of harmful substances, environment.

### Вступ

Головними чинниками, що негативно впливають на навколишнє природне середовище, є процеси урбанізації і господарської діяльності людини. Зростаюче забруднення повітряного середовища як найважливішої компоненти життєдіяльності представляє загрозу якійсій довготривалості життя людини.

Підвищена концентрація шкідливих речовин спостерігається в повітрі практично кожного промислового міста України, тому виникла гостра необхідність в удосконаленні екологічного моніторингу на всій території країни з метою запобігання або зменшення їх дії на екосистему.

За інформацією управління статистики у Донецькій області, викиди шкідливих речовин та парникових газів у атмосферу від стаціонарних джерел забруднення за 2012 рік становили 1 514,8 тис. т (без урахування викидів діоксиду вуглецю). Крім того, обсяги викидів діоксиду вуглецю склали 60,7 млн т [1].

Захворювання, пов'язані з погіршенням стану повітряного середовища, складають майже біля половини від загальної захворюваності населення України [2].

### Основна частина

Для практичного зниження негативного впливу на повітряне середовище життєдіяльності людини необхідно якомога точніше спочатку розрахувати рівень забруднення за допомогою сучасного математичного апарату, а потім запровадити дієві заходи.

Аналіз методів дослідження рівня забруднення повітряного середовища дозволив об'єднати їх у групи за методологічними підходами, які дозволяють зв'язати об'єм викидів з концентрацією забруднення в повітрі. Ці три підходи розрізняються суттєвістю та постановкою задачі.

Перший підхід – створення фізико-математичних моделей розсіювання, які базуються на законах аеродинаміки, турбулентної дифузії та збереження маси.

Цей підхід є достатньо універсальним. З одного боку, оснований на вирішенні рівняння турбулентної дифузії, отримав широке поширення в країнах СНД, оскільки дозволяє вирішувати завдання з джерелами різного типу, різними граничними умовами і різними характеристиками середовища. Чисельні розв'язання рівняння

атмосферної дифузії з різними граничними умовами лягли в основу інженерної моделі, виконаної в ГГО ім. А. І. Войкова і прийнятої як відомий на цей час в Україні нормативний документ ОНД-86 «Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств». Ця методика призначена для розрахунку приземних концентрацій в двометровому шарі над поверхнею землі, а також вертикального розподілу концентрації. Ступінь небезпеки забруднення атмосферного повітря характеризується найбільш розрахованим значенням концентрації, що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, у тому числі небезпечності швидкості вітру. Норми не розповсюджуються на розрахунок концентрацій на дальніх (більше 100 км) відстанях від джерела викиду.

З іншого боку, перший підхід оснований на гаусівському вченні, тому що описуються з точністю до постійного співмножника щільністю розподілу Гауса. Ці моделі є емпірично-статистичними і знайшли широкий розвиток за кордоном. Подібна методика запропонована, наприклад, Агентством з довілля охорони повітря США (US EPA) за рекомендацією міжнародної організації World Health Organization (WHO). До Європейського регіону WHO входять 52 країни, у тому числі Україна.

Під час моделювання використовують початкові дані, такі як висота труби, інтенсивність викидів тощо. Проте через відмінності у способі розрахунку і в представленні розсіювання забруднень неможливо прямо зіставити результати ОНД-86 і результати, прогнозовані, наприклад, за допомогою сучасної європейської моделі ADMS 4 цього класу [3].

Другий підхід – створення чисельних та аналогових моделей, за допомогою відповідного відображення дійсності в зменшеному масштабі намагаються відтворити природні процеси поширення шкідливих речовин з різних джерел викиду, урахувавши різні критерії подібності для складних ситуацій. У цих випадках використовують чисельні методи, які, оперуючи системою алгебраїчних рівнянь (аналогів рівнянь математичної фізики), дають можливість побудувати деяку послідовність арифметичних операцій, збільшення кількості яких до нескінченності дає точний розв'язок. Оскільки на

практиці здійснюють скінченне число кроків (операцій), то знайдений розв'язок є наближеним. Клас чисельних та аналогових моделей є більш складним, ніж гаусові моделі.

При ейлеревому формулюванні задачі розглядається ейлерева фіксована система координат або сітка, яка покриває весь досліджуваний район. Концентрація в кожному квадраті або клітинці сітки розраховується шляхом розв'язання вихідного рівняння чисельними методами за допомогою комп'ютера. Цей підхід найбільш корисний для ситуацій, в яких є множинні джерела і є необхідність прогнозувати концентрації. Наприклад, сучасна модель «Аврора» (Бельгія) 2006–2010 рік, яка складається з трьох модулів. Випромінювання генератора «Аврора» розраховує погодинний викид забруднюючих речовин, ґрунтуючись на наявних даних про викиди, і дані проксі-сервера, щоб забезпечити належне зменшення кількості неперевічених даних. Викиди транспортних засобів можуть бути створені шляхом об'єднання мімізи дорожньо-транспортних викидів моделі (Mensink et al., 2000) випромінювання генератора. Транспортна модель використовує погодинний вхід метеорологічних даних та даних про викиди з передбаченням динамічної поведінки забруднювачів повітря (для газоподібних і твердих частинок) в моделі регіону. Регіональні програми мають типові розміри осередків сітки в розмірі від 500 м до 30 км та від 30 до 3 000 км.

При лагранжевому формулюванні задачі система координат рухається разом з вітром. Цей підхід корисний для одиничних джерел, у тому числі одиничних площинних джерел, або для моделювання переносу домішки на великі відстані. У такому випадку не виходять концентрації на великій сітці, як при ейлеревій задачі.

Цей клас моделей є відносно молодим порівняно з моделлю Гаусівського факелу, але вже знайшли широке використання програмні продукти, що реалізують цей підхід, наприклад – транспортна дисперсійна модель CalPuff, яка рекомендована EPA системою для оцінки впливу викидів підприємств на якість повітря. Модель CalPost використовується для візуалізації результатів розрахунку [4].

Третій підхід – використання емпірично-статистичних моделей поширення, які ґрунтуються

на регресійному аналізі даних, отриманих при вимірах на представницьких поперечниках, наприклад проїжджої частини дороги, на різному віддаленні від узбіччя дороги або від стаціонарного джерела викиду. Емпіричні регресійні моделі знаходять широке застосування для прогностичних розрахунків забруднення навколишнього середовища міст і населених пунктів [5].

Поряд з цими «чистими формами» моделей розрахунку концентрації шкідливих речовин у повітряному середовищі існують і змішані. Наприклад, на практиці часто виходять з загальновідомого теоретичного формулювання, яке в подальшому спрощують до емпіричної регресійної моделі.

За останні 10 років як в західних, так і східних країнах існуючі методики розрахунку поширення забруднень в атмосфері суттєво не оновлювалися. В Україні, Росії, Білорусії і країнах СНД продовжує діяти спільний нормативний документ ОНД-86, а в Америці і низці інших західних країн використовуються різно-

манітні офіційні програми з різним ступенем збіжності.

### Висновок

Таким чином, методологічні підходи, надані в такому групуванні, є базовими для розробки методик розрахунку викидів шкідливих речовин від різних джерел викиду. Основним недоліком усіх проаналізованих підходів є необхідність завдання функції джерела домішки, яка сьогодні достовірно не визначається для більшості джерел, що наштовхує на пошук нових методів прогнозу поширення домішок в атмосфері, орієнтованих на значне скорочення обсягів вихідних даних, що мають низьку достовірність, є актуальним завданням.

Виходячи з цього, автором розроблено методику, яка використовує, як реальні, дані спостереження, а при відсутності їх – розрахункові з великою кількістю вхідних параметрів для більшого приближення до реальності [6].

### Література

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2012 році [Текст] / Донецька обласна державна адміністрація, Департамент екології та природних ресурсів. – Донецьк : [б. в.], 2013. – 278 с.
2. Обзорная сводка о состоянии здоровья в Украине 2005 [Текст] / ВОЗ. – Копенгаген : [б. в.], 2006. – 39 с.
3. European Topic Centre on Air and Climate Change [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.adms-conf.org>.
4. United States Environmental Protection Agency [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.epa.gov>.
5. Long description of model «AURORA» [Електронний ресурс] / European Topic Centre on Air and Climate Change. – Режим доступу : [http://pandora.meng.auth.gr/mds/showlong.php?id=167#d\\_1](http://pandora.meng.auth.gr/mds/showlong.php?id=167#d_1).
6. Семененко, М. В. Математична постановка оптимізаційної задачі моделювання виробничої системи з урахуванням екологічних чинників та наявності мережі автодоріг [Текст] / М. В. Семененко // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – Горлівка, 2008. – № 6. – С. 27–31.

### References

1. Regional report about state of natural environment in Donetsk region in 2012. Donetsk, 2013. 278 p. (in Ukrainian)
2. General report on the status of health in Ukraine in 2005. Copenhagen, 2006. 39 p. (in Russian)
3. European Topic Centre on Air and Climate Change. Accessed at: <http://www.adms-conf.org>.
4. United States Environmental Protection Agency. Accessed at: <http://www.epa.gov>.
5. European Topic Centre on Air and Climate Change. Long description of model 'AURORA'. Accessed at: [http://pandora.meng.auth.gr/mds/showlong.php?id=167#d\\_1](http://pandora.meng.auth.gr/mds/showlong.php?id=167#d_1).
6. Semenenko, M. V. Mathematical rule of optimization problem of simulation of manufacturing systems taking into account ecological factors and availability of highway net. In: *News of Automobile and Highway Institute*, 2008, № 6, p. 27–31. (in Ukrainian)

**Семененко Марина Василівна** – кандидат технічних наук, доцент; доцент кафедри міського будівництва Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: теоретичні основи та шляхи вирішення екологічної проблеми промислового регіону.

**Семененко Марина Васильевна** – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры городского строительства Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: теоретические основы и пути решения экологической проблемы промышленного региона.

**Semenenko Maryna** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor; City Construction Department of the Kiev National University of Construction and Architecture. Scientific interests: theoretical foundations and ways of solving environmental problems of industrial region.