

УДК 656.259.2

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДТВЕРДЖЕННЯ ДОСЛІДНИМИ ДАНИМИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ВІД ГРУПИ ТОЧКОВИХ І ПЛОЩАДНОГО ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ

ЗИНЧЕНКО В. Ю.^{1*}
ПОЛІЩУК С. З.², *д.т.н, проф.*,
ФАЛЬКО В. В.³, *к.т.н.*
ОСТРЯГІНА Ю.О.⁴

¹ * Сумська обласна державна адміністрація, пл. Незалежності, 2, 40030, Суми, Україна, +38(0542) 62-58-80; e-mail: zvopok.60vz@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5162-214X

² Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(0562) 47-02-98, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

³ Сумський державний університет, вул. Р.-Корсакова, 2, 40007, Суми, Україна, +38(0542) 33-12-05, ; e-mail: yera_falko@ukr.net, ORCID ID: 0000-0011-0012-0013.

⁴ Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(0562) 47-02-98, e-mail: yuliya_ostryagina@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0956-0587.

Анотація. *Мета.* Вибір і розробка методики проведення дослідів для підтвердження з використанням даних вимірів теоретичної оцінки екологічного ризику для групи точкових і площадного джерез. *Методика.* Методика долідження включає вибір виду об'єкту (натурного або фізичного) для дослідів; порядок проведення вимірів; використанні методи статистичної обробки результатів, які містять оцінку ймовірності явища, що розглядається, по частоті його появи; теорію довірчих інтервалів для підтвердження результатів теоретичної оцінки екологічного ризику перевищення концентраціями забруднюючих речовин своїх ГДК_{МР}. *Результати.* Показана доцільність проведення дослідів на діючому підприємстві, що має групу точкових джерел і на якому проводяться підфакельні виміри концентрацій забруднюючих речовин внаслідок їх в атмосфері. Дослід проводиться відповідно нормативного документу РД 52.04.186–89. Показана достатність такого дослідів для групи точкових і площадного джерел викидів. Так як умови проведення дослідів відрізняються від найгірших, для яких виконується прогнозна (теоретична) оцінка ризику, то в результати вимірюваних концентрацій забруднюючих речовин введені необхідні поправки. Поправки розраховуються з використанням детермінованої моделі Берлянда розповсюдження в атмосфері концентрацій забруднюючих речовин (ЗР) і враховують вплив відмінності дослідних швидкості і напрямку вітру, а також температури повітря. Сумарний дослідний екологічний ризик визначається як частота перевищення концентрацією хоча б однієї ЗР своєї ГДК_{МР}. Збіжність теоретичної і дослідної оцінок визначається з використанням теорії довірчих інтервалів – якщо теоретична оцінка знаходиться поміж нижньою і верхньою границями довірчого інтервалу, отриманого з високою довірчою ймовірністю, то вважається, що теорія не суперечить дослідів. У протилежному – навпаки. Розроблено алгоритм методики проведення розрахункових операцій для підтвердження теорії дослідів при заданих вихідних даних. Вихідні дані містять дані за теоретичною оцінкою екологічного ризику; дані підфакельних вимірів; дані, необхідні для визначення поправок у виміряні концентрації ЗР, а також дані для дослідного визначення розглянутих ризиків та їх довірчих інтервалів. *Наукова новизна.* Для підтвердження отриманих раніше теоретичних результатів з оцінки екологічного ризику від групи точкових і площадного джерел, що виникає при випадковому перевищенню концентраціями ЗР своїх ГДК_{МР} вперше вибрана і розроблена методика проведення відповідного дослідів з статистичною обробкою результатів підфакельних вимірів. *Практична значимість.* Методика дозволяє підтвердити або відкинути отримані теоретичні результати і після підтвердження рекомендувати їх для використання у проектах будівництва (реконструкції) підприємств з метою виконадійного досягнення якості атмосферного повітря за критерієм ГДК_{МР}, що зараз не виконується.

Ключові слова: група точкових джерел; площадне джерело; викиди забруднюючих речовин; теоретична оцінка; дослідна оцінка; екологічний ризик для людини

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ОПЫТНЫМИ ДАННЫМИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОТ ГРУППЫ ТОЧЕЧНЫХ И ПЛОЩАДНОГО ИСТОЧНИКА ВЫБРОСОВ

ЗИНЧЕНКО В. Ю.^{1*}
ПОЛІЩУК С. З.², *д.т.н, проф.*,
ФАЛЬКО В. В.³, *к.т.н.*
ОСТРЯГИНА Ю.А.⁴

^{1*} Сумская обласная государственная администрация, пл. Независимости, 2, 40030, Сумы, Украина, тел. +38(0542) 62-58-80, e-mail: zvonok.60vz@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5162-214X

² Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

³ Сумский государственный университет, ул. Р.-Корсакова, 2, 40007, Сумы, Украина, +38(0542) 33-12-05, e-mail vera_falko@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5548-3933

⁴ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: yuliya_ostryagina@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0956-0587

Аннотация. Цель. Выбор и разработка методики проведения опыта для подтверждения с использованием данных измерений теоретической оценки экологического риска для группы точечных и площадных источников. **Методика.** Методика исследования включает в себя выбор объекта (натурного или физического) для опыта, порядок проведения измерений; использованные методы статистической обработки результатов, которые содержат оценку вероятности явления, которое рассматривается по частоте его появления; теорию доверительных интервалов для подтверждения результатов теоретической оценки экологического риска превышения концентрациями загрязняющих веществ своих ПДК. **Результаты.** Показана целесообразность проведения опыта на действующем предприятии, которое имеет группу точечных и площадных источников выбросов. Так как условия проведения опыта отличаются от наилучших, для которых выполняется прогнозная (теоретическая) оценка риска, то в результате измеренных концентраций загрязняющих веществ введены необходимые поправки. Поправки рассчитываются с использованием детерминированной модели Берлянда распространения в атмосфере концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) и учитывают влияние отличия опытных скорости и направления ветра; а также температуры воздуха. Суммарный опытный экологический риск определяется как частота превышения концентрации хотя бы одного ЗВ своего ПДК. Сходимость теоретической и опытной оценки определяется с использованием теории доверительных интервалов – если теоретическая оценка находится между нижней и верхней границами доверительного интервала, полученного с высокой доверительной вероятностью, то считается, что теория не противоречит опыту. В противоположном – наоборот. Разработан алгоритм методики проведения расчетных операций для подтверждения теории опытом при заданных исходных данных. Исходные данные содержат данные по теоретической оценке экологического риска; данные подфакельных измерений; данные, необходимые для определения поправок в измеренные концентрации ЗВ, а также данные для опытного определения рассмотренных рисков и их доверительных интервалов. **Научная новизна.** Для подтверждения полученных раньше теоретических результатов по оценке экологического риска для группы точечных и площадных источников, которые возникают при случайном превышении концентрациями ЗВ своих ПДК впервые выбрана и разработана методика проведения соответствующего опыта со статистической обработкой результатов подфакельных измерений. **Практическая значимость.** Методика позволяет подтвердить или опровергнуть полученные теоретические результаты и после подтверждения рекомендовать их для использования в проектах строительства (реконструкции) предприятий с целью высоконадежного достижения качества атмосферного воздуха по критерию ПДК, которые сейчас не выполняются.

Ключевые слова: группа точечных источников; площадной источник; выбросы загрязняющих веществ; теоретическая оценка; опытная оценка; экологический риск для человека

METHOD DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL RISK DETERMINATION FOR A HUMAN FROM AREAL SOURCE OF EMISSIONS

ZINCHENKO V.^{1*},
POLISHCHUK S.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*
FALCO V.³, *Cand. Sc. (Tech.)*
OSTRIAHINA Y.⁴

^{1*} Sumy Regional State Administration, Nezavisimosti sq., 2, 40030, Sumy, Ukraine, +38(0542) 62-58-80, E-MAIL ZVONOK.60VZ@GMAIL.COM, ORCID ID: 0000-0001-5162-214X

² Department of Heating, Ventilation and Air Protection, Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, Chernyshevs'kogo str., 24-a, 49600, Dnipropetrovs'k, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

³ Sumy State University, R.-Korsakova str., 2, 40007, Sumy, Ukraine, +38(0542) 33-12-05, e-mail: vera_falko@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5548-3933

⁴ Department of Heating, Ventilation and Air Protection, Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, Chernyshevs'kogo str., 24-a, 49600, Dnipropetrovs'k, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: yuliya_ostryagina@rambler.ru; ORCID ID: 0000-0002-0956-0587.

Abstract. Purpose. The selection and development of methods to validate the experiment using data from the theoretical measurements of environmental risk assessment for the group point and area sources. **Methodology.** Method of research includes selecting an object (physical or in-kind) for the experience, the procedure for measuring instruments; used statistical treatment of

results, which include an assessment of the probability of the phenomenon, which is considered the frequency of its occurrence; theory of confidence intervals to confirm the results of the theoretical evaluation of environmental risk concentrations of pollutants exceeding their MPCs. **Findings.** The expediency of experience in the existing plant, which has a group of point and area sources of emissions. Since the conditions of the experiment are different from the worst, for which the predicted (theoretical) risk assessment, the result of the measured concentrations of pollutants introduced the necessary amendments. Amendments are calculated using a deterministic model Berlyand spread in the atmosphere pollutant concentrations (pollutants) and take into account the effect of the differences experienced wind speed and direction; and the air temperature. Total experienced environmental risk is defined as the frequency of exceeding the concentration of pollutants at least one of its MPC. The convergence of the theoretical and experimental evaluation determined using the theory of confidence intervals - if the theoretical estimate is between the lower and upper bounds of the confidence interval obtained with a high confidence level, it is believed that the theory does not contradict experience. In the other - on the contrary. The algorithm of the method of payment transactions to confirm the theory of experience at the given input data. Baseline data provide information on the theoretical ecological risk assessment; undertorch measurement data; the data necessary for determining the corrections to the measured concentration of pollutants, as well as data for the experimental determination of the considered risks and their confidence intervals. **Originality.** To confirm the theoretical results previously obtained for the environmental risk assessment for the group point and area sources, which occur in concentrations of pollutants exceeding the random MPC for the first time its selected and the method of carrying out the relevant experience of the statistical processing of the results undertorch measurements. **Practical value.** The technique allows to confirm or refute the theoretical results and after confirming recommend them for use in projects of construction (reconstruction) of enterprises in order to achieve a highly reliable air quality criterion for the MPC, which is not carried out.

Key words: group of point source; areal source, pollutants emissions; theoretical value, experience value, ecological risk for a human; methodology

Вступ

Вирішення питань екологічної безпеки тісно пов'язано з поняттям екологічний ризик [1]. В свою чергу екологічний ризик пов'язаний з ймовірністю виникнення небезпеки [3, 7, 12, 16]. В той же час питання, пов'язані з кількісним визначенням ризиків та управління екологічним ризиком до теперішнього часу є відкритими [8-11, 17].

У монографії [14], роботах [2, 4, 5, 6, 15] для безаварійно працюючих групи точкових і площадного джерел теоретично встановлені стохастичні закономірності зміни полів приземних концентрацій забруднюючих речовин (ЗР), що викидаються в атмосферу. Розроблені математичні моделі і методологія рішення задачі оцінки екологічного ризику для людини. Відмінно від інших авторів ризик визначається як ймовірність перевищення випадковими приземними концентраціями ЗР своїх нормативних максимальних разових приземно допустимих концентрацій (ГДК_{МР}). Розроблена методологія рекомендована для використання у проектах будівництва (реконструкції) підприємств.

Мета

Перелічні теоретичні результати з використанням даних вимірів експериментально були підтверженні тільки для точкового джерела. Виходячи з викладеного, метою даної роботи є розробка методики проведення дослідів підтвердження з використанням даних вимірів теоретичної оцінки розглянутого екологічного ризику для групи точкових і площадного джерел.

Методика

Дослід можна проводити на натурному об'єкті або з використанням фізичної моделі, від цього залежить методика його виконання. Результати, що отримані за

допомогою фізичної моделі, як правило, потребують менших затрат коштів, але також потребують доведення відповідності отриманих модельних результатів для натурного об'єкту. Проблема коштів для дослідів на натурному об'єкті може бути вирішена, якщо для підтвердження отриманих теоретичних результатів за оцінкою екологічного ризику можна використати відповідні штатні (нормативні) виміри.

При достатньому переліку величин, що вимірюються, для оцінки екологічного ризику від групи точкових джерел можуть бути використані підфакельні виміри [13].

Для рішення питання площадного джерела будемо виходити із наступного. В теорії розповсюдження ЗР [11], що використовується в проектах будівництва (реконструкції) підприємств [11], прямокутне площадне джерело при довільному напрямку вітру замінюється відповідною групою точкових джерел. Базуючись на цьому, будемо вважати висновки дослідів, що підтверджують теоретичні результати за оцінкою екологічного ризику для групи точкових джерел, справедливими і для площадного джерела.

За цих умов переважним і достатнім для обох видів джерел є натурний об'єкт, що має групу точкових джерел і на якому проводяться підфакельні виміри.

Для підтвердження теоретичної оцінки ризику з використанням даних вимірів скористаємося відомими методами оцінки ймовірності розглядаємого явища за частотою і методами теорії довірчих інтервалів [3].

Результати

Розглянуто можливість використання підфакельних вимірів від групи точкових джерел для дослідної оцінки екологічного ризику і для підтвердження прогностичної (теоретичної) оцінки цього ризику.

Відповідно методиці [5] прогностичний екологічний ризик α і відповідне йому математичне сподівання

(м. с.) концентрації C_k^* k -ї ЗР визначаються для найгірших умов, що впливають на ризик в період двадцятихвилинного інтервала часу. До таких умов відносяться: небезпечні швидкість u^* і напрямок вітру φ^* ; температура навколишнього середовища T_n^* . Величини концентрацій C_{kq} , швидкості u_q і напрямку вітру φ_q , а також температури T_{nq} вимірюються згідно з [13] в умовах кожного q -го досліді. Вони відрізняються від наведених вище величин C_k^* , u^* , φ^* , T_n^* . Тому для дослідної оцінки екологічного ризику у виміряні концентрації повинні бути внесені відповідні поправки. Вважалося, що поправки у виміряні концентрації ЗР за рахунок відмінності найгірших умов від умов проведення дослідів є малими. Тому їх величини припустимо розраховувати з використанням детермінованих прогнозованих залежностей з моделі Берлянда [11]. З огляду на це будемо вважати, що розрахункові м. с. концентрацій C_{kq} від i -го джерела отримано за цією моделлю з використанням у q -му досліді величин u_q , φ_q , T_{nq} . При цьому величини координат x_A , y_A точки A , у якій проводяться виміри і оцінка екологічного ризику, в земній системі координат (вісь x на Північ, вісь y перпендикулярна до неї і направлена на Схід) визначаються за формулами

$$x_A = R \cdot \cos \varphi_q, \quad y_A = -R \cdot \sin \varphi_q, \quad (1)$$

де R – відстань від обраного зі групи джерел головного джерела до точки A ;

φ_q – кут напрямку вітру у q -му досліді, що визначається проти ходу годинникової стрілки від напрямку на Північ, град.

Координати x_{ui}^A , y_{ui}^A точки A у вітровій системі координат (вісі x_i направлені за вісями факелів від i -х джерел, вісі y_i перпендикулярні до x_i і направлені вправо від вісей x_i), які використовуються у моделі Берлянда [11], мають вигляд

$$\begin{aligned} x_{ui}^A &= (y_A - y_i) \cdot \sin \varphi_q + (x_A - x_i) \cdot \cos \varphi_q, \\ y_{ui}^A &= (y_A - y_i) \cdot \cos \varphi_q + (x_A - x_i) \cdot \sin \varphi_q, \end{aligned} \quad (2)$$

де x_i , y_i – координати підстави i -го джерела у земній системі координат.

Так як підфакельні виміри виконуються для сумарної від усіх джерел кожної k -ї концентрації, то відповідні розрахункові м. с. концентрацій у q -му досліді будуть

$$C_{kq}^p = \sum_{i=1}^p C_{kqi}. \quad (3)$$

Тоді для кожного q -го експерименту поправки ΔC_{kq} до виміряних концентрацій ЗР будуть

$$\Delta C_{kq} = C_k^* - C_{kq}^p. \quad (4)$$

М. с. скорегованих виміряних концентрацій будуть

$$C_{kq}^* = C_{kq} + \Delta C_{kq}. \quad (5)$$

Ці величини виміряних концентрацій, що приведені до найгірших умов, і повинні використовуватися для дослідної оцінки екологічного ризику.

Таким чином, підфакельні виміри будуть достатніми для оцінки екологічного ризику.

Так як виміри концентрацій виконуються для кожної окремої ЗР від усіх джерел викидів, то дослідна оцінка екологічних ризиків, що розглянуті у [15], може бути т римана для сумарного екологічного ризику α від групи джерел і для усіх ЗР, а також для часткових екологічних ризиків α_k від окремої k -ї ЗР, що викидається групою точкових джерел.

Використовуючи відому оцінку ймовірності за частотою появи відповідного явища у досліді [3], експериментальний сумарний екологічний ризик α повинен оцінюватися як частота перевищення концентрацією k -ї ЗР C_{kq}^* (5) своєї ГДК_{МРК}

$$p = \frac{m}{n_{екс}}, \quad (6)$$

а часткові ризики α_k – як частота перевищення кожною k -ю концентрацією своєї ГДК_{МРК}

$$p_k = \frac{m_k}{n_{екс}}. \quad (7)$$

Тут m – число разів перевищення концентрацією C_{kq}^* хоча б однієї k -ї ЗР своєї ГДК_{МРК} в усіх $n_{екс}$; m_k – число разів перевищення концентраціями одної ЗР своєї ГДК_{МРК} в усіх $n_{екс}$ експериментах.

Для підтвердження з використанням даних вимірів теоретичної оцінки екологічного ризику використано теорію довірчих інтервалів [3].

Згідно цієї теорії з використанням числа $n_{екс}$ кількоти експериментів і заданої довірчої ймовірності β за таблицею XIX Додатку [3] визначаються границі довірчого інтервалу довірчої ймовірності (частот p і p_k):

– для частоти p : мінімальна p_1 і максимальна p_2 границі довірчого інтервалу;

– для частот p_k : мінімальна p_{k1} і максимальна p_{k2} границі довірчого інтервалу для k -х ЗР.

Тоді, якщо сумарний розрахунковий згідно [5] екологічний ризик α для найгірших умов буде знаходитись у інтервалі від p_1 до p_2

$$p_1 \leq \alpha \leq p_2, \quad (6)$$

а часткові екологічні ризики α_k будуть знаходитись у відповідних від p_{k1} до p_{k2}

$$p_{k1} \leq \alpha \leq p_{k2}, \quad (7)$$

то вважається, що теорія не уперечить долідним даним [3].

Викладене дозволяє скласти наступний алгоритм розрахунків за даною методикою, у якому доцільно виділити змастові блоки.

Блок 1. Вихідна база даних

У базу даних входять величини:

1.1 Дані підфакельних вимірів, що проведені відповідно [13]:

- число n і перелік k -х, $k = \overline{1, n}$ ЗР, концентрації яких вимірюються;
- максимальні разові гранично допустимі концентрації ЗР для населених міць (ГДК_{МР}) усіх ($k = \overline{1, n}$) ЗР;

- число $n_{дж}$ i -х джерел викидів ($i = \overline{1, n_{дж}}$);

- температура повітря T_{nq} , °С;

- напрямок вітру φ_q , точка обрїю;

- швидкість вітру u_q , м/с;

- концентрація k -ї ЗР C_{kq} , мг/м³;

- відстань K від головного джерела викидів до точки A , у якій проводяться виміри, м;

- кількість експериментів (вимірів), $n_{екс}$.

1.2 Прогнозні (розрахункові) значення для найгірших умов сумарного α і часткових α_k екологічних ризиків і відповідні ним м. с. концентрацій C_k^* кожної ЗР від усіх точкових джерел, що отримані за методикою [5].

1.3 М. с. проектних параметрів усіх i -х джерел, приймаються згідно проекту підприємства (H_s – висота, м; D_i – діаметр гирла, м; x_i, y_i – координати підстави джерела, задані у земній системі координат м; M_{ki} – маса k -ї ЗР, що викидається i -м джерелом у одиницю часу, г/с; F_{ki} – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання ЗР у атмосферному повітрі; w_{0i} – середня швидкість викиду газоповітряної суміші (ГПС) з гирла, м/с; T_{zi} – температура ГПС, °С; для джерел з прямокутним гирлом L_i, b_i – довжина та ширина гирла, м, а також V_i – секундна об'ємна витрата ГПС, м³/с).

1.4 М. с. характеристик зовнішнього середовища, приймаються згідно проекту підприємства (A –

коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери; η – безрозмірний коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості; T_n, σ_{T_n} – температура навколишнього атмосферного повітря, °С; u, σ_u – швидкість вітру, м/с; φ, σ_φ – напрямок вітру, град; $C_{\phi k}$ – фонові концентрації k -ї ЗР, мг/м³).

1.5 Довірча ймовірність β .

Блок 2. Визначити для кожного i -го джерела ($i = \overline{1, n_{дж}}$) і кожної k -ї ЗР ($k = \overline{1, n}$) максимальних прогнозних концентрацій C_{mkq} у кожному q -му експерименті ($q = \overline{1, n_{екс}}$). З використанням заданої у п. 1.1 температури повітря T_{nq} у q -му експерименті; м. с. проектних параметрів кожного джерела, заданих у п. 1.3 алгоритму; а також м. с. характеристик зовнішнього середовища, заданих у п. 1.4, використовуючі формули (2.1) – (2.12 б) ОНД-86 [11] розрахувати максимальні прогнозні концентрації C_{mkq} k -х ЗР від i -х джерел у кожному q -му експерименті.

Блок 3. Визначення прогнозних концентрацій C_{kq}^p k -х ЗР для умов кожного експерименту, $q = \overline{1, n_{екс}}$.

3.1 З використанням заданих у п. 1.1 Блоку 1 відстані R , напрямку вітру φ_q і координат x_i, y_i підстав i -х джерел, заданих у п. 1.3 Блоку 1, за формулами (1), (2) розрахувати величини x_{ui}^A, y_{ui}^A координат точки A у вітрової системі координат.

3.2 З використанням максимальної прогнозної концентрації C_{mkq} , отриманої у Блоці 2; координат x_{ui}^A, y_{ui}^A , отриманих вище у п. 3.1; температурі повітря T_{nq} у q -му експерименті, заданої у п. 1.1 Блоку 1; м. с. проектних параметрів кожного джерела, заданих у п. 1.3 Блоку 1 за формулами (2.3) – (2.6), (2.13) – (2.31г) ОНД-86 [9] розрахувати прогнозні концентрації C_{kiq} у точці A для кожної ЗР ($k = \overline{1, n}$), кожного джерела ($i = \overline{1, n_{дж}}$) у кожному q -му експерименті ($q = \overline{1, n_{екс}}$).

3.3 З використанням отриманих вище у п. 3.2 концентрацій C_{kiq} визначити за формулою (3) прогнозні концентрації C_{kq}^p k -х ЗР для умов кожного експерименту.

Блок 4. Визначення скорегованих вимірних концентрацій C_k^* для кожної k -ї ЗР ($k = \overline{1, n}$) у кожному q -му експерименті ($q = \overline{1, n_{екс}}$).

4.1 З використанням заданих у п. 1.2 Блоку 1 прогнозних концентрацій C_k^* для усіх ЗР, $k = \overline{1, n}$, що відповідають найбільшому екологічному ризику, та отриманих вище у п. 3.3 цього алгоритму концентрацій C_{kq}^p для кожної k -ї ЗР, $k = \overline{1, n}$ і кожного q -го експерименту, $q = \overline{1, n_{\text{екс}}}$ отримати поправки ΔC_{kq} , $k = \overline{1, n}$, $i = \overline{1, n_{\text{ож}}}$ до вимірних концентрацій за формулою (4).

4.2 З використанням заданих у п. 1.1 Блоку 1 вихідних даних за вимірними концентраціями C_{kq} k -х ЗР, $k = \overline{1, n}$ і отриманих вище у п. 4.1 поправок ΔC_{kq} , $k = \overline{1, n}$, $i = \overline{1, n_{\text{ож}}}$ визначити за формулою (5) скореговані виміряні концентрації C_{kq}^* по кожній k -й ЗР, $k = \overline{1, n}$, у кожному q -у експерименті, $q = \overline{1, n_{\text{екс}}}$.

Блок 5. Оцінка екологічних ризиків за частотами перевищення концентраціями C_{kq}^* своїх ГДК_{МРК} та довірчих інтервалів; збіжність прогнозних ризиків з дослідними даними.

5.1 Порівнюючи отримані вище у п. 4.2 скореговані виміряні концентрації C_{kq}^* у кожному q -у експерименті, $q = \overline{1, n_{\text{екс}}}$ за усіма k -ми ЗР, $k = \overline{1, n}$, визначити число m разів перевищення концентрацією C_{kq}^* хоча б однією k -ю ЗР своєї заданої у п. 1.1 Блоку 1 ГДК_{МРК} в усіх експериментах і відповідну йому частоту p за формулою (6).

Аналогічно, порівнюючи ці концентрації C_{kq}^* у кожному q -у експерименті, $q = \overline{1, n_{\text{екс}}}$ окремо для кожної ЗР, $k = \overline{1, n}$ визначити число m_k разів перевищення концентраціями C_{kq}^* одної k -ї ЗР своєї ГДК_{МР} і відповідні частоти p_k за формулою (7).

5.2 З використанням числа $n_{\text{екс}}$ кількості експериментів, заданої у п. 1.5 Блоку 1 довірчої ймовірності β і отриманої вище у п. 5.1 частоти p за таблицею XIX Додатку [3] визначити мінімальну p_1 і максимальну p_2 границі довірчого інтервалу для сумарного прогнозного екологічного ризику α у найгірших умовах, заданого у п. 1.2 Блоку 1, а за частотою p_k – мінімальні p_{k1} і максимальні p_{k2} границі довірчих інтервалів для часткових екологічних ризиків α_k , заданих у п. 1.2 Блоку 1.

5.3 Якщо виконуються умови (6), (7) вважати, що теорія визначення розглянутих прогнозних екологічних ризиків не суперечить дослідним даним. У протилежному випадку – навпаки.

Наукова новизна і практична значимість

Для підтвердження отриманих раніше теоретичних результатів за оцінкою екологічного ризику, що виникає при випадковому перевищенні концентраціями забруднюючих речовин своїх ГДК_{МР} уперше обрана і розроблена методика проведення відповідного досліді з статистичною обробкою результатів вимірів. Розглянуті безаварійно працюючі група точкових і площадні джерела викидів забруднюючих речовин у атмосферу. Доведено, що дослід достатньо проводити тільки для групи точкових джерел на натурному об'єкті з використанням даних нормативних підфакельних вимірів.

Методика доведена до алгоритму, що охоплює вихідні дані; приведення вимірних підфакельних концентрацій ЗР до найгірших умов визначення ГДК_{МР} і отриманих теоретичних результатів; статистичну обробку скорегованих результатів вимірів концентрацій ЗР з експериментальною оцінкою величини екологічного ризику і збіжність теоретичних даних оцінки з дослідною на засадах теорії довірчих інтервалів.

Методика дозволяє підтвердити або відкинути отримані теоретичні результати і після підтвердження пропонувати їх для використання їх у проектах будівництва (реконструкції) підприємств з метою високонадійного досягнення якості атмосферного повітря за критерієм ГДК_{МР}.

Висновки

У результаті проведених досліджень розроблена методика дослідного підтвердження теоретичних результатів оцінки екологічного ризику від перевищення випадковими концентраціями ЗР своїх нормативних ГДК_{МР} від групи точкових і площадного джерел викидів у атмосферу. Показана достатність проведення дослідів тільки для групи точкових джерел.

З метою подальшої рекомендації до застосування запропонованої методики при проведенні теоретичної оцінки екологічного ризику у проектах будівництва (реконструкції) підприємств подальші дослідження слід спрямувати на вибір натурного об'єкта, що має групу точкових джерел і на якому проводяться нормативні підфакельні виміри для застосування методики для цього об'єкта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
/ REFERENCES

1. Барбашова, Н. В. Взаємозв'язок понять «екологічний ризик» та «екологічна безпека» / Н. В. Барбашова // Актуальні проблеми держави і права. – 2014. – Вип. 72 – С. 245–253.
Barbashova N. V., Vzayemozvyazok ponyat' «ekologichnyy ryzyk» ta «ekologichna bezpeka» [The realation of definitions “ecological risk” and “ecological safety”]. Aktual'ni problem derzhavy i prava [Issues of State and Law], 2014, issue 72, pp. 245-253.
2. Благодатний, В. В. Розробка математичної моделі площадного джерела викидів [Електронний ресурс] / В. В. Благодатний, В. В. Фалько, В. Ю. Зінченко // Вісник НУК імені адмірала Макарова. – 2013. – № 2 – Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua>
Balgodantny V. V., Falko V. V., Zinchenko V. Yur. Rozrobka matematychnoyi modeli ploshchadnogo dzherela vykydiv [Mathematical scheme development for an areal pollutants emissions source]. Visnuk NUK imeni admiral makarova [Bulletin of Admiral Makarov National Univeristy of Shipbuilding], 2013, issue 2, Rezhym dostupu: <http://ev.nuos.edu.ua>
3. Дунин-Борковский, И. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике / И. В. Дунин-Борковский, Н. В. Смирнов. – М. : Наука, 1965. – 511 с
4. Зінченко, В. Ю. Особенности оценки экологического риска для здоровья человека от группы стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха / В. Ю. Зінченко, В. В. Фалько, Н. А. Емец // Экологія і природокористування. – 2013. – Вип. 16. – С. 272–278.
Zinchenko V. Yur., Falko V. V., Yemets N. A., Osobennosti otsenki ekologicheskogo riska dlya zdorovya cheloveka ot gruppy statsyonarnykh istochnikov zagryazneniya atmosfernogo vozduha [Ecological risk assessment aspects for human health from a group of emissions point sources]. Ekologiya i pryrodokorystuvannya [Ecology and Nature Management], 2013, issue 16, pp. 272-278.
5. Зінченко, В. Ю. Розробка математичної моделі методу рішення задачі прогнозування оцінки екологічного ризику від групи точкових джерел / В. Ю. Зінченко, В. В. Фалько // Екологічна безпека. – 2013. – №2 (16). – С. 36–39.
Zinchenko V. Yur., Falko V. V., Rozrobka matematychnoyi modeli metodu rishennya zadachi prognoznoyi otsinky ekologichnogo ryzyku vid grupy tochkovykh dzherel [Mathematical scheme development of solving method for ecological risk prognostic assessment problem from a group of emissions point sources]. Ekologichna bezpeka [Ecological safety], 2013, issue 2 (16), pp. 36-39.
6. Зінченко, В. Ю. Прогнозна оцінка екологічного ризику для людини від площадного джерела викидів при довільному напрямку вітру / В. Ю. Зінченко, В. В. Фалько, С. З. Поліщук, А. В. Полищук // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Сб. научн. тр. Вып. 76 – Днепрпетровск, ИГАСА, 2014. – С. 132–136.
Zinchenko V. Yur., Falko V. V., Polishchuk S. Z., Polishchuk A. V., Prognozna otsinka ekologichnogo ryzyku dlya lyudyny vid ploshchadnogo dzherela vykydiv pry dovyl'nomu napryamku vitru [Ecological risk prognostic assessment for a human from an areal pollutants emission source under the conditions of arbitrary wind direction]. Stroitel'stvo. Materialovedeniye. Mashinostroyeniye. [Building. Material Engineering. Machine Building], 2014, issue 76, pp. 132-136.
7. Камнева, І. О. Теоретико-методологічні основи оцінки екологічного ризику на промисловому підприємстві [Електронний ресурс] / І. О. Камнева // Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка» – 2015. – № 6. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4182>
Kamnyeva I. O. Teoretyko-metodologichni osnovy otsinky ekologichnogo ryzyku na promyslovomu pidpruyemstvi [Theoretical and methodological base of ecological risk assessment at industrial enterprise]. Efektyvna ekonomika [Effective Economy], 2015, issue 6, Rezhym dostupu: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4182>
8. Лисиченко, Г. В. Методологія оцінювання екологічних ризиків: [монографія] / Г. В. Лисиченко, Г. А. Хміль, С. В. Барбашев. – О.: Астропринт, 2011. – 368 с.
Lysychenko H. V., Khmil' H. A., Barbashev S.V., Metodologiya otsinyuvannya ekologichnykh ryzykiv [Methodology of ecological risks assessment], 2011, 368 p.
9. Мовчан, Я. І. Оцінка екологічного ризику погіршення сучасного стану урбанізованих територій / Я. І. Мовчан, О. В. Рибалова, Д. В. Гулевець // Вост. – Европ. журн. передових технологій. – 2013. – №3/11. – С. 37–42.
Movchan Ya. I., Rybalova O. V., Huluvets' D. V., Otsinka ekologichnogo ryzyku pogirshennya suchasnoho stanu urbanizovanykh terytoryy [Ecological risk assessment of modern urban territories deterioration]. Vost.-Yevrop. zhurnal peredovykh tehnolyyu [Eastern-European Bulletin of Modern Technologies], 2013, issue 3/11, pp. 37-42.
10. Обиход, Г. О. Методичні підходи щодо оцінки рівня екологічної небезпеки регіонів України [Електронний ресурс] / Г. О. Обиход, Т. Л. Омеляненко // «Ефективна економіка». – 2012. – № 3. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1429>
Obihod H. O., Omelyanenko T. L., Metodichni pidhody shchdo otsinky rivnya ekologichnoyi nebezpeky regioniv Ukrayiny [Methodological approaches to level assessment of ecological danger in regions of Ukraine]. Efektyvna ekonomika [Effective Economy], 2012, issue 3, Rezhym dostupu: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1429>
11. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 94 с.
OND-86. Metodika rasshcheta kontsentratsyy v atmosfernom vozduhe vrednykh veshchestv v vybrosakh predpriyatuy [Methodology of concentrations estimation for air pollutants emissions], 1987, 94 p.
12. Полторацкая, В. Н. Математическая модель оценки фактического экологического риска для одиночного точечного источника / В. Н. Полторацкая // Экологія та ноосферологія. – 2014. – Т. 25. – № 3–4. – С.91–98.
Poltoratskaya V. N., Matematicheskaya model' fakticheskogo ekologicheskogo riska dlya odinichnogo tochechnogo istochnika [Mathematical scheme of actual ecological risk for a single point source]. Ekologiya ta noosferologiya [Ecology and Noospherology], 2014, issue 3-4, pp. 91-98.
13. РД 52. 04. 186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М. : Гос. ком. СССР по гидрометеорологии – Минздрав СССР, 1991. – 691 с.

14. Фалько, В. В. Екологічний ризик для людини від забруднення атмосферного повітря (теоретична оцінка): [монографія] / В. В. Фалько, С. З. Поліщук, А. В. Токовенко (Артамонова). – Дніпропетровськ: Економіка, 2014. – 194 с.

Falko V. V., Polishchuk S. Z., Tokovenko (Artamonova) A. V., *Ekologichnyy ryzyk dlya lyudyiny vid zabrudnennya atmosfernogo povitrya (teoretychna otsinka)* [Ecological risk for a human from air pollution (theoretical assessment)], 2014, p.194.

15. Фалько, В. В. Анализ экологического риска для человека от группы точечных источников выбросов / В. В. Фалько, В. Ю. Зинченко // Охорона довкілля: зб. наук. статей XI Всеукраїнських Таліївських читань. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2015. – С. 96–100.

Falko V. V., Zinchenko V. Yur., *Analiz ekologicheskogo riska dlya cheloveka ot gruppy tochechnykh istochnikov vybrosov* [Ecological risk analysis for a human from a group of emissions point sources]. *Okhorona dovkillya: zb. nauk. statey XI Vseukrayinskykh Taliyivskiykh chytan'* [Natural Environment Protection: Collection of Articles of XI All-Ukrainian Taliyiv Readings], 2015, pp. 96-100

*Статья рекомендована к публикации в журнале «Доклады Академии наук Украины», проф. Л. С. Савин (Украина),
Статья поступила в редколлегию 18.09.2015*

Хазан, В. Б. Визначення екологічної безпеки на підставі дослідження системи екологічних ризиків [Електронний ресурс] / В. Б. Хазан, П. В. Хазан // Екологія і природокористування. – 2013. – Вип. 16. – С. 64–70. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/ecolpr_2013_16_10/pdf

Khazan V. B., Khazan P. V., *Vyznachennya ekologichnoyi bezpeky na pidstavi doslidzhennya systemy ekologichnykh ryzykiv* [Ecological safety determination on the base of ecological risks survey]. *Ekologiya ta pryrodokorystuvannya* [Ecology and Nature Management], 2013, issue 16, pp. 64-70, *Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/ecolpr_2013_16_10/pdf*

16. Цуца, Н. М. Екологічний ризик [Електронний ресурс] / Н. М. Цуца // Кваліологія книги. – 2014. – № 2. – С. 70–73 – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Kk_2014_2_16.pdf

Tsutsa N. M., *Ekologichnyy ryzyk* [Ecological risk]. *Kvalilogiya knygy* [Qualilogy of a Book], 2014, issue 2, pp. 70-73, *Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Kk_2014_2_16.pdf*

УДК 519.254

РЕГУЛЯРИЗАЦІЯ ЧАСТКОВИХ ОПИСІВ ПРИ ЕВОЛЮЦІЙНОМУ ПОШУКУ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ САМООРГАНІЗАЦІЇ

ІРОДОВ В. Ф.¹, *д.т.н., проф.*
БАРСУК Р. В.², *аспірант*

¹ Державний вищий навчальний заклад: “Придніпровська Державна Академія Будівництва та Архітектури”, кафедра теплотехніки та газопостачання, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCIDID: 0000-0001-8772-9862.

² Державний вищий навчальний заклад: “Придніпровська Державна Академія Будівництва та Архітектури”, кафедра теплотехніки та газопостачання, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: Falazar@yandex.ru, ORCIDID: 0000-0002-9666-7496.

Анотація. Мета. У роботі розглядається метод самоорганізації, розроблений А. Г. Івахненко. Для побудови математичної моделі, за допомогою цього методу потрібна невелика кількість експериментальних даних. Це є великою перевагою при дослідженні складних систем, у тому числі перехідних режимів різних процесів. При побудові математичної моделі цим методом, повний опис моделі об'єкту замінюється декількома частковими описами. Відомо, що ускладнення цих описів дає більш точнішу модель системи. Параметри часткових описів можуть входити нелінійно. Для визначення цих параметрів запропоновано використати регуляризацію. **Методика.** У статті наведено загальний метод самоорганізації математичних моделей. Побудову моделі описано з використанням параметрів, які входять нелінійно. У якості критерію обрано критерій незміщеності. Отримання параметрів залежить від розділення вхідних даних. Запропоновано розділяти точки експериментальних даних випадковим процесом. Для визначення параметрів часткових описів застосовується алгоритм еволюційного пошуку. Процес випадкового розділення точок відображений у самому алгоритмі. **Результати.** Запропонований метод самоорганізації побудови математичної моделі по експериментальним даним, у якому для визначення параметрів часткових описів застосовується алгоритм еволюційного пошуку за двома критеріями. Побудовано алгоритм цього пошуку. Він відрізняється від існуючих тим, що розділення експериментальних точок ведеться випадковим способом. Значення параметрів часткових описів представляється у якості математичного очікування. **Наукова новизна.** Запропонований новий метод самоорганізації математичного моделювання, у якому будуються часткові описи за допомогою еволюційного пошуку у процесі регуляризації. **Практична значимість.** Завдяки використанню такого способу побудови математичних моделей, можна збільшити якість моделювання. Особливо це стосується складних систем та процесів, які все більше підлягають моделюванню.

Ключові слова: індуктивний метод самоорганізації моделей складних систем; еволюційний пошук; алгоритм; критерій незміщеності; частковий опис