

Б. Ю. Собко  
В. Б. Мокін  
Г. В. Горячев  
Д. Ю. Дзюняк  
В. В. Олійник  
С. О. Довгополук

## Оцінювання параметрів стаціонарних джерел потенційних понаднормативних викидів в атмосферне повітря за нечіткими експертними оцінками

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Здійснено випробування методу оцінювання параметрів стаціонарних джерел понаднормативних викидів за нечіткими експертними оцінками та удосконалено методику підготовки вхідних даних для уточнення пріоритетних для оцінювання напрямів, ефективність якої була підтверджена результатами практичних випробувань у місті Вінниця.*

**Ключові слова:** понаднормативні викиди в атмосферне повітря, стаціонарні джерела викидів, нечітка експертна оцінка, нечітка база знань, екологічний контроль.

### Abstract

*The method of parameter estimation of stationary sources of above-standard emissions for the abnormal fuzzy expert assessments has been trialed and the methodology for preparing input to clarify directs which are priority for assessment, has been improved. the effectiveness of this methodology has been confirmed by the results of the practical tests in Vinnytsia city.*

**Keywords:** above standard air emissions, stationary sources of emissions, fuzzy expert evaluation, fuzzy knowledge base, environmental control.

Забруднення атмосферного повітря відноситься до тих, яке відчувається одразу, особливо це стосується газів, які виділяються під час горіння різних речовин. У світі в цілому, та в Україні зокрема, існує досить розгалужена мережа моніторингу стану атмосферного повітря. Є система видачі дозволів на промислову діяльність, що супроводжується викидами в атмосферне повітря. Є державні екологічні інспекції різного рівня, які здійснюють контроль за дотриманням екологічного законодавства та дотриманням погоджених нормативів і лімітів на викиди для підприємств. А в містах ще й є муніципальна поліція та активна громадськість, яка додатково слідкує за порушниками і вживає відповідних заходів.

Однак, не дивлячись на розгалужену систему моніторингу та систему контроль вона все одно не завжди є ефективною, коли джерелами понаднормативного забруднення є офіційно незареєстровані джерела або коли мають місце групові викиди джерел, коли важко визначити хто саме є джерелом забруднення у заданий момент.

Для вирішення подібних проблем авторами робіт [1–4] був розроблений метод оцінювання параметрів понаднормативних викидів стаціонарних джерел за нечіткими експертними оцінками на основі апріорної інформації про їх координати, метеоумови та проектно-технічні характеристики з урахуванням чутливості стану атмосферного повітря у певному місці спостереження від параметрів кожного можливого джерела викидів, формалізованих у нечіткій базі знань, що дозволяє підвищити точність такого оцінювання. Аналіз моделі розсіювання Гауса показав, що найбільш вагомими параметрами стаціонарних джерел, які впливають на концентрацію ЗР у певній точці виміру є такі: відстань  $R$  від точки виміру до джерела викиду (м); кут  $\alpha$  між віссю  $Y$  та відрізком прямої, що з'єднує точку виміру та ДВ ( $^\circ$ ) (рис. 1).

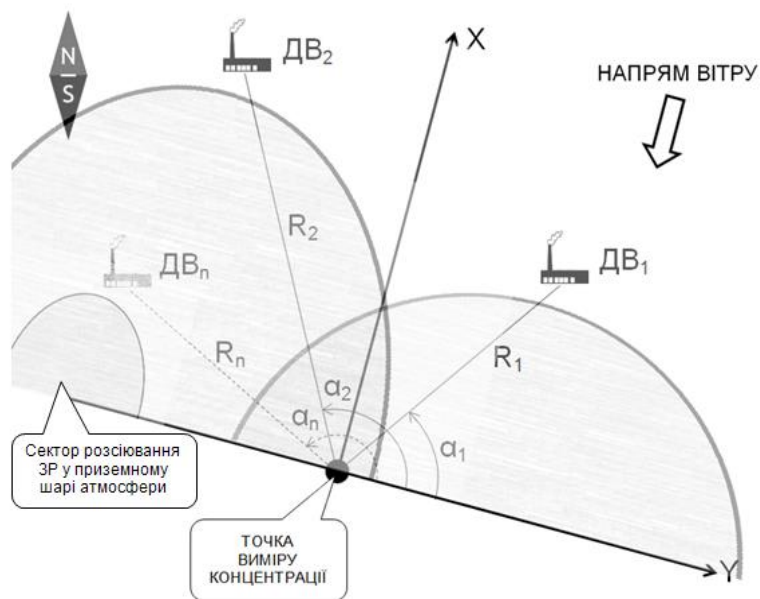


Рис. 1. Схема визначення географічних параметрів джерел викидів

Метеоумови та технічні характеристики джерел пропонується описати такими параметрами:  $h$ , висота джерела викиду (м);  $d$ , діаметр гирла джерела викиду (м);  $u$ , швидкість вітру (м/с);  $s$ , хмарність (0-10 балів).

Діапазони змін параметрів та терм-множини, за допомогою яких оцінюються лінгвістичні змінні факторів, наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Фактори впливу та відповідні їм терм-множини експертних оцінок

Позначення	Діапазон	Терм-множина	Вага
$h$	[10-200] метрів	«Мінімальний», «Низький», «Середній», «Високий», «Максимальний»	0,4
$d$	[1-10] метрів		0,12
$u$	[0-25] метрів в секунду		0,08
$s$	[0-10] балів		0,4
$R$	[0-10] кілометрів		0,5
$\alpha$	[0-180] градусів		0,5

Авторами розроблений математичний апарат та алгоритми його застосування автоматизовані авторами у вигляді веб-сервісу <http://source-identification.appspot.com/>, який виводить результат просто на Google Maps.

Цей метод був випробуваний у м. Вінниці на замовлення Державної екологічної інспекції у Вінницькій області (далі — ДЕІ). Зокрема, протягом 2016 року Вінницький обласний центр з гідрометеорології (далі — Гідрометцентр) систематично виявляв перевищення нормативів щодо забруднення атмосферного повітря на своєму посту, розташованому за адресою м. Вінниця, Немирівське шосе, 29 (рис. 2).



Рис. 2. Фото стаціонарного метеопоста Вінницького обласного центру з гідрометеорології у м. Вінниці на вул. Немирівське шосе, 29

Зокрема, фіксувалось перевищення діоксиду азоту, що, як правило, є результатом процесів горіння. Фахівці ДЕІ неодноразово виїжджали на об'єкт, однак, там має місце груповий викид з багатьох джерел навкруги цього поста. Найбільше з найближчих підприємство ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» наполягало, що джерелами забруднення є труби приватних помешкань, яких дійсно досить багато з'явилося зовсім поряд із постом (до деяких — 20 метрів). ДЕІ радило Гідрометцентру перенести пост, але це призвело б до втрати довгих рядів даних спостережень, які накопичені у цьому місці за багато десятків років. Тоді було вирішено випробувати на цій задачі метод, запропонований у роботах [1–4].

Автори даної роботи обробили дані спостережень Гідрометцентру. Виявили дні, в які фіксувались понаднормативні значення, проаналізували метеоумови у ці дні. В першу чергу, аналізувались напрям і сила вітру, а також наявність опадів та вологість — саме ці фактори найбільше впливають на динаміку розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Провели статистичний аналіз даних, зокрема повторюваність умов, коли з певних напрямків дув вітер і щоразу, при цьому, фіксувалось перевищення вмісту забруднюючих речовин у повітрі. Все це дало можливість виявити 2 пріоритетні напрями, в яких варто було проводити експертизу. Потім авторами було проведено обстеження прилеглої до метеопоста території у визначених напрямках, з яких мала місце найбільш повторюваність понаднормативних викидів. Для ДЕІ було проведено фотофіксацію усіх цих джерел, які потенційно можуть бути джерелом таких викидів (рис. 3).



Рис. 3. Деякі із знайдених стаціонарних джерел викидів, які потенційно можуть бути джерелами понаднормативного забруднення повітря м. Вінниці біля стаціонарного метеопоста: а) ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат», б) приватна будівля (одна з багатьох); в) Храм Христа Спасителя

Далі, згідно з методом, оснований на нечіткій базі знань, викладеним у роботах [1–4], було зібрано та узагальнено експертні оцінки. Наприклад у північно-західного напрямку вітру вони наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Узагальнений результат експертного оцінювання джерел викидів, які є потенційними джерелами понаднормативних викидів, у разі північно-західного напрямку вітру

Джерела викидів	ДВ <sub>1</sub>	ДВ <sub>2</sub>	ДВ <sub>3</sub>	ДВ <sub>4</sub>	ДВ <sub>5</sub>
<i>h</i> , висота джерела викиду (м)	6	6	40	20	6
<i>d</i> , діаметр гирла джерела викиду (м)	0,3	0,25	0,4	0,4	0,3
<i>u</i> , швидкість вітру (м/с)	2-8	2-8	2-8	2-8	2-8
<i>R</i> , відстань до джерела викиду (км)	0,4	0,55	1,3	0,55	0,025

Потім за цим же методом з використанням веб-сервісу <http://source-identification.appspot.com/>, було проведено обробку зібраних даних, результат якої показано на рис. 4.

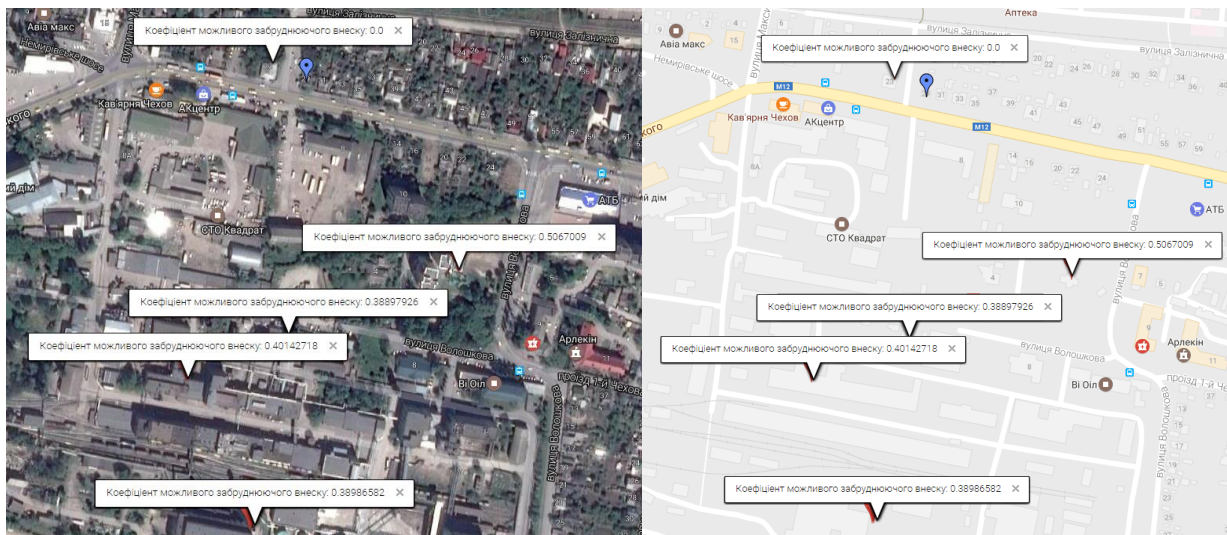


Рис. 4. Визначені за експертними оцінками коефіцієнти забруднюючого внеску потенційних джерел понаднормативного забруднення атмосферного повітря на карті Google Maps при швидкості вітру 5 м/с у південно-західному напрямку (азимут 135)

## Висновки

Здійснено випробування методу оцінювання параметрів стаціонарних джерел понаднормативних викидів за нечіткою базою знань та удосконалено методику підготовки вхідних даних для уточнення пріоритетних для оцінювання напрямів. Ефективність цього методу та запропонованої для нього методики була підтверджена результатами практичних випробувань у м. Вінниці за реальними даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології на замовлення Державної екологічної інспекції у Вінницькій області. Результати передано в Держекоінспекцію для проведення більш ретельного офіційного обстеження виявлених пріоритетних джерел, ризик впливу яких є найбільшим.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горячев Г. В. Метод визначення стаціонарних джерел понаднормативних викидів на основі нечітких баз знань / Г. В. Горячев, О. М. Козачко, Д. Ю. Дзюняк // Екологічна безпека. — Вінниця. — 2012. — № 2 (14). — С. 59-61.
2. Горячев Г. В. Ідентифікація джерел понаднормативних викидів на основі нечітких баз знань за допомогою веб-сервісів / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. — 2014. — №2/2014. — С. 98-102.
3. Горячев Г. В. Ідентифікація джерел понаднормативних викидів на основі нечітких баз знань за допомогою Веб-сервісів / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах»: тези доповіді — Вінниця, 2014. — С. 66-67.
4. Дзюняк Д. Ю. Спосіб визначення стаціонарних джерел понаднормативних викидів на основі нечітких баз знань / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // Патент України на корисну модель №201404006. — К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. — Дата реєстрації: 27.10.2014

**Собко Богдан Юрійович** – аспірант кафедри системного аналізу, комп’ютерного моніторингу та інженерної графіки факультету комп’ютерних систем і автоматики Вінницького національного технічного університету, Вінниця

**Мокін Віталій Борисович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри системного аналізу, комп’ютерного моніторингу та інженерної графіки Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: vbmokin@gmail.com

**Горячев Георгій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу, комп’ютерного моніторингу та інженерної графіки Вінницького національного технічного університету, Вінниця

**Дзюняк Дмитро Юрійович** – здобувач кафедри системного аналізу, комп’ютерного моніторингу та інженерної графіки факультету комп’ютерних систем і автоматики Вінницького національного технічного університету, Вінниця

**Олійник Валентина Віталіївна** – студентка гр. ЕКО-15м (на момент проведення експерименту та написання тез) Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету, Вінниця

**Довгополюк Сергій Олександрович** – аспірант кафедри системного аналізу, комп’ютерного моніторингу та інженерної графіки факультету комп’ютерних систем і автоматики Вінницького національного технічного університету, Вінниця

**Bogdan Y. Sobko** – Post-Graduate Student of the Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics of the Faculty of Computer Systems and Automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Vitalii B. Mokin** – Prof., Dr Hab. (Eng.), Head of the Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vbmokin@gmail.com

**Georgii V. Goriachev** – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Dmytro Y. Dziuniak** – Candidate of the Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics of the Faculty of Computer Systems and Automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Valentyna V. Oliynyk** – Master Student (at the time of the experiment and writing abstracts) of the Institute for Environmental Security and Environmental Monitoring, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Sergiy O. Dovgopoluk** – Post-Graduate Student of the Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics of the Faculty of Computer Systems and Automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia