

однотипового підходу до обчислення гармонічних перетворень змінного обсягу в обчислювальних середовищах вимірювальних засобів.

1. *Применение ортогональных методов при обработке сигналов и анализе систем // Вып.2. Межвузовский сборник. – Свердловск, 1981.* 2. *Процько І.О., Радомський В.А. Узагальнений підхід швидкого трансформування класу Фур'є на основі згорток // Праці п'ятої всеукраїнської міжнародної конференції УкрОБРАЗ'2000. – К., 2000. – С.249–252.* 3. *Луцик Я.Т., Процько І.О. Формування латинських квадратів на основі показників степені експоненціального базису ДПФ // Вісник ДУ "Львівська політехніка". – №324. – 1998. – С.162–165.*

УДК 006.015.8+628.1

**Р.В. Бичківський, П.Г. Столярчук, М.С. Міхалєва, В.М. Німас**  
Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ОКОЛИЦЯХ МІСТА БОРИСЛАВА**

© Бичківський Р.В., Столярчук П.Г., Міхалєва М.С., Німас В.М., 2005

**Проаналізовано стан забруднення і запропонована методика визначення ступеня забруднення курортної зони.**

**In the article there is the analysed state of contamination and offered method of determination of degree of contamination of resort area.**

Проаналізований стан забруднення атмосферного повітря в курортній зоні в околицях м. Борислава. Авторами запропонована методика визначення ступеня забруднення атмосферного повітря.

До забруднювачів належать всі ті антропогенні чинники, які чинять небажану дію як на саму людину, так і на ресурси, які вона використовує. Здебільшого забруднення являє собою відходи різних виробництв, що утворюються одночасно з готовою продукцією в результаті переробки різних природних ресурсів: паливних, сировинних, кисню, повітря, води тощо. Відходи виробництва можна розглядати як продукт обміну речовин між індустріально розвиненим суспільством і природою. Промислові забруднення можуть бути механічними, фізичними, хімічними та біохімічними. Основними джерелами забруднень атмосфери є: природні, промислові і побутові процеси. Їх об'єднують у такі групи:

- забруднювачі природного походження (мінеральні, рослинні, тваринні, мікробіологічні);
- забруднювачі, які утворюються при згорянні палива для потреб промисловості, опалення житлових будинків, при роботі всіх видів транспорту;
- забруднювачі, зумовлені спалюванням палива для потреб промисловості і переробкою побутових і промислових відходів.

Найпоширенішими токсичними речовинами, котрі забруднюють атмосферу, є: оксид вуглецю CO, діоксид сірки SO<sub>2</sub>, оксид азоту NO<sub>x</sub>, вуглеводні C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> та пил. Основні джерела забруднення атмосфери та їх щорічні викиди наведено в табл. 1 і табл. 2.

Крім згаданих вище речовин та пилу, в атмосферу викидаються й інші, токсичніші речовини (табл. 3). Нині налічується більше ніж 500 шкідливих речовин, які забруднюють атмосферу, і їх кількість зростає.

Хімічні реакції, які відбуваються в повітрі, призводять до виникнення димних туманів – смогів. Смоги виникають за таких умов: по-перше, з газів, які міста викидають у повітря, по-друге, при повному існуванні антициклонних умов погоди, коли забруднювачі нагромаджуються в приземному шарі атмосфери.

## Джерела викидів в атмосферу

Домішки	Основні джерела		Середньорічна концентрація в повітрі, г/м <sup>3</sup>
	Природні	Антропогенні	
Тверді частки (зола, пил тощо)	Вулканічні виверження, пилові бурі, лісові пожежі тощо	Спалювання палива в промислових та побутових установах	В містах –0,004...0,4
SO <sub>2</sub>	Вулканічні виверження, окислення сірки, сульфатів, розсіяних в морі	Те саме	В містах – 1,0
NO <sub>x</sub>	Лісові пожежі	Промисловість, автотранспорт, теплоелектростанції	В промислово розвинутих регіонах – 0,2
CO	Лісові пожежі, виділення океанів, окислення терпенів	Автотранспорт, промислові енергоустановки, чорна металургія	В містах – від 1 до 50
Легкі вуглеводні	Лісові пожежі, природний метан, природні терпени	Автотранспорт, допалювання відходів, випаровування нафтопродуктів	В промислово розвинутих регіонах – 0,3
Поліциклічні, ароматичні вуглеводні	-----	Автотранспорт, хімічні заводи, нафтопереробні заводи	В промислово розвинутих регіонах – до 0,01

Таблиця 2

**Динаміка викидів в атмосферне повітря, зокрема за найпоширенішими речовинами (пил, діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю) по м. Бориславу та прилеглих населених пунктах, т**

Населені пункти				м. Борислав	м. Дрогобич	м. Стрий	м. Самбір	м. Львів
2000 р.	зокрема	стаціонарні джерела	разом	300	4100,0	300,0	300,0	400,0
			разом	153,1	2713,2	415,4	63,175	1336,5
			пил	10,63	0,673	7,1	5,185	5,84
			сірководень	0,01	0,83	0,322	-	-
			діоксид азоту	-	0,003	0,001	-	-
			оксид вуглецю	0,124	0,023	1	1,12	-
	пересувні джерела	-	-	-	-	-		
2001 р.	зокрема	стаціонарні джерела	разом	195,68	1270,9	183,5	62,97	937,78
			разом	195,68	1270,9	183,5	62,97	937,76
			пил	0,053	0,045	19,8	5,23	1,903
			сірководень	-	0,406	-	-	-
			діоксид азоту	-	0,001	-	-	-
			оксид вуглецю	0,8	0,087	7,3	0,7	73,2
	пересувні джерела	-	-	-	-	-		
2002 р.	зокрема	стаціонарні джерела	разом	42,6	1442,3	231,9	0,21	362,8
			разом	42,6	1442,3	231,9	0,21	362,8
			пил	10,6	0,63	12,7	5,185	5,84
			сірководень	0,01	0,83	0,322	0,5	3,9
			діоксид азоту	-	0,003	0,001	-	-
			оксид вуглецю	68	0,001	6,3	0,012	115,3
	пересувні джерела	-	-	-	-	-		

## Кількість щорічних викидів до атмосфери Землі

Речовина	Викиди, млн. тонн		Частка антропогенних домішок від загальних надходжень, %
	природні	антропогенні	
Тверді частки	3700	1000	27
SO <sub>x</sub>	650	100	13,3
NO <sub>x</sub>	770	53	6,5
CO	5000	304	5,7
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	2600	8	3,3
CO <sub>2</sub>	485000	18300	3,6

Особливо небезпечні сірчисті сполуки й оксиди азоту, які спричиняють дощі.

Кислотні дощі стали дуже поширеним явищем, причому вони можуть випадати на відстані багатьох сотень і тисяч кілометрів від джерела первісного викидання речовини.

Кислотні дощі спричиняють у рослин захворювання, впливають на кислотно-лужний баланс водоймищ і ґрунтів. Серйозно уражені кислотними дощами близько 1 млн. га вічнозелених лісів у Центральній Європі, близько 100 тис. га гинуть. В Україні заражені 82 % лісів, в Польщі – 92 %, в Європі від 80 % до 923 %. Кислотні осаді посилюють корозію різноманітних матеріалів і конструкцій. Особливо небезпечні вони для історичних пам'яток, зокрема мармурових.

Основним джерелом забруднювання в курортній зоні Трускавець–Східниця є ВАТ НПК “Галичина”.

Джерелами утворення шкідливих викидів, як організованих, так і неорганізованих, є обладнання технологічних установок, а також об'єкти загальнозаводського господарства: резервуарні парки, насосні, паливоналивні естакади, очисні споруди, водоблоки, ТЕЦ.

Основними джерелами організованих викидів є вентиляційні викиди виробничих приміщень і димові труби технологічних печей і котлів ТЕЦ.

Вирішальний вплив в загальній масі забруднень атмосфери мають сірчисті сполуки. Тому нами досліджувалась статистика викидів сполук сірки в атмосферне повітря на ВАТ НПК “Галичина”. Результати аналізу викидів упродовж трьох років наведені в табл. 4. Як видно із табл. 4, основна маса забруднень атмосфери сірковмісними сполуками на ВАТ НПК “Галичина” спричинена спалюванням палива. Також тенденція спостерігається і на підприємствах всієї України. Тому найактуальнішим в ракурсі запобігання синтезу цих сполук є запровадження технологій попереднього очищення палива від сполук сірки.

На черзі впровадження технологій глибокого очищення від сполук сірки нафтопродуктів. Нині такі технології на стадії впровадження.

Динаміку змін викидів в атмосферу ВАТ НПК “Галичина” наведено в табл. 4. Як видно із табл.4, склад викидів в атмосферу ВАТ НПК “Галичина” доволі широкий, що викликано багатопрофільністю виробництва на підприємстві.

Таблиця 4

## Динаміка зміни у складі викидів в атмосферу ВАТ НПК “Галичина”

Викиди по роках	1999 р.	2000 р.	2001 р.
вуглеводні	2694,3	1114,6	2380,7
сірчистий ангідрид	781,4	364,5	814,9
оксид вуглецю	250,2	143,6	241,9
оксид азоту та інших сполук	101,7	101,7	91,6
оксид азоту	0,9	0,7	1,2

Отже, в результаті аналізу встановлено, що головним чинником, який впливає на кількість викидів сірковмісних сполук в атмосферу, є технології, пов'язані із спалюванням палива.

Найперспективнішою стратегією зменшення викидів сірковмісних сполук в атмосферу є запровадження технологій попереднього очищення палива від сполук сірки.

З погляду досліджень атмосферних забруднень можна виділити дві задачі:

– вимірювання параметрів шкідливих викидів в атмосферу з відповідних об'єктів (джерел) в місці їх розміщення;

– вимірювання забруднення повітря газами та пилом над однією територією як результат роботи забруднювачів.

Якщо в першій задачі маємо справу з конкретним забрудненням повітря, то у другій задачі вимірювання стосуються інтегрального впливу забруднень від різних джерел. Необхідно враховувати не тільки джерела, що розміщені на ВАТ НПК “Галичина”, але також і в сусідніх регіонах, зокрема і у віддалених.

Для оцінювання рівня забруднень від конкретного джерела рекомендується застосовувати таку методику:

а) в день досліджень визначається напрям вітру і оцінюється його швидкість;

б) на відстанях 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 км від джерела вздовж напрямку вітру здійснюється відбір проб повітря: 1) миттєві – тривалість до 0,5 год; 2) середньодобові – 24 год (найкраще 48 проб по 0,5 год);

в) такі самі проби беруть на відстані 0,5 км перед (стосовно напрямку вітру) джерелом забруднень.

На основі аналізу відібраних проб повітря оцінюємо фактичний рівень концентрації забруднень і порівнюємо його з оцінками згідно з математичною моделлю (2).

Необхідно мати:

– апіорні значення параметрів джерела забруднень (емісію забруднень, потужність забруднювача, висоту та діаметр димаря, температуру викидних газів, хімічний склад і концентрацію складових тощо);

– фактичні параметри атмосфери, тобто швидкість і напрям вітру та стан рівноваги атмосфери.

Загалом ці параметри необхідно контролювати упродовж всього часу досліджень.

Під час оцінювання концентрації забруднень атмосфери за вибраною математичною моделлю необхідно здійснювати поточні флуктуаційні та систематичні зміни параметрів атмосфери і очікувані оцінки необхідно знаходити відповідним ваговим усуненням короткотривалих результатів (наприклад, за 0,5 год).

Якщо отримані експериментальні оцінки забруднень достатньо добре збігаються з результатами опрацювання за математичними моделями, то останні можна використовувати для подальших оцінювань забруднень. Для цього необхідно лише мати поточні значення емісії джерела та параметри атмосфери, наприклад, з метеостанції.

Як правило, такими джерелами забруднення атмосфери є димарі (труби) з висотою  $H$ .

Розподіл концентрації забруднень в атмосфері, що викидаються з такого джерела описують математичною моделлю у вигляді функції  $R(x, y, z)$  розпорошення забруднень від елементарного джерела забруднення в точці з координатами  $(x, y, z)$ , прив'язаній до координат джерела залежністю Паскаля (3)

$$R(x, y, z) = \frac{1}{2\pi S_y(x) S_z(x) U_s} e^{-\frac{y^2}{2S_y(x)^2}} e^{-\frac{(z-h)^2}{2S_z(x)^2}}. \quad (1)$$

За якою можна знайти концентрацію забруднення  $S$ ,  $\text{кг/м}^3$

$$\frac{dS}{dV} = \frac{dS}{dx dy dz} = ER(xyz), \quad (2)$$

де  $E$  – емісія забруднення з джерела,  $\text{кг/с}$ ;

$$S_y(x) = 0,08(6 \cdot m^{-0,3} + 1 - \log(\frac{H}{Z_0})) \cdot x^{0,367(2,5-m)}; \quad (3)$$

– коефіцієнт горизонтальної дифузії забруднення (M):

$$S_z(x) = 0,38m^{4,3} \left[ 8,7 - \log\left(\frac{H}{Z_0}\right) \right] \cdot x^{1,55} e^{-2,35}; \quad (4)$$

– коефіцієнт вертикальної дифузії забруднень, M; m – усереднений метеорологічний показник, що залежить від стану рівноваги атмосфери;  $U_s$  – середня швидкість вітру 9, м/с; x – відстань від джерела забруднення, м; y – відстань, перпендикулярна від осі вздовж напрямку вітру; z – висота над поверхнею території, м;  $z_0$  – фєродинамічна неоднорідність (шороховатість) території, м.

Для аналізу використовують усереднену швидкість по висоті вітру

$$U_s = \frac{U_z}{m+1} \left( \frac{H}{h_a} \right)^m, \quad (5)$$

де  $H = h + \Delta h$  – ефективна висота викиду газів з димаря висотою h від урахування термодинамічного виносу  $\Delta h$ ;  $U_z$  – швидкість вітру, виміряна на висоті  $h_a$ , м/с

Висоту термодинамічного викиду (виношення) газів з димарів можна оцінити, використавши формулу Холанда для висоти винесення газів

$$\Delta h = \frac{1,5wd + 0,00974Q}{U_h}. \quad (6)$$

### Висновок

В результаті аналізу встановлено динаміку шкідливих викидів в атмосферу, їх склад та концентрації.

Визначені основні забруднювачі атмосферного повітря. Досліджено та проаналізовано вплив спалювання палива на кількість викидів сірковмісних сполук.

Запропоноване застосування методики для оцінювання рівня забруднення для конкретного джерела.

1. Яцюк Р.А. *Основи екології та охорони навколишнього природного середовища*. – Львів, 2001. 2. *Pomiary Ciepłno Cz.1. Podstawowe pomiary ciepłno*. WNT. – Warszawa, 1995. 3. Pasquill F. *The Estimation of the dispersion of Windborn Material*. *Met. Mag.* 20, 1963. 4. Nowicki M. *Parawitric empiryczne w modalach dyfuzji zanieczyszczen w atmosferze*. *Ochrona atmosfery Pzits*, 1984-85. 5. Друзюк В.М. *Забезпечення єдності вимірювання при моніторингу за довкіллям*. *Вісник ДУ "Львівська політехніка"*. – 2000. – С. 17–24.