

Максимальне значення складової похибки подільника дорівнює:

$$\delta_n = \delta_y + \delta_{R_2} + \delta_{R_1+R_2} \quad (5)$$

З урахуванням (3) і (5) формула для обчислення похибки автоматичного вимірювання часових параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів набуде вигляду:

$$\delta = 1,18 + 2\delta_y + \delta_\kappa + \delta_{R_2} + \delta_{R_1+R_2} \cdot \quad (6)$$

При виборі високої тактової частоти (період тактової частоти становить 0,001 і менший від вимірюваного інтервалу) і точних резисторів для подільника, похибка вимірювання часових параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів δ становитиме не більше ніж 1,5 %.

Очевидно, що формула для обчислення δ_a – похибки вимірювання усталеного значення амплітуди дослідженого сигналу – буде мати вигляд:

$$\delta_a = 1,18 + \delta_y$$

і при виборі відповідної тактової частоти становитиме не більше ніж 1,5 %.

Висновки

1. Запропоновано спосіб автоматичного вимірювання часових параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів, який забезпечить автоматизацію процесів реєстрації і вимірювання параметрів поодиноких і рідко повторюваних сигналів нано- і пікосекундного діапазонів.

2. Похибка автоматичного вимірювання часових і амплітудних параметрів досліджуваних поодиноких і рідко повторюваних сигналів становитиме не більше ніж 1,5 %.

1. *Каталог продукции предприятий Минатома России.* – М., 2000. 2. *Авдеев В.А., Боднар Р.В. Применение быстродействующего цифроаналогового преобразователя в качестве развертки считывания с запоминающей электронно-лучевой трубкию Техника средств связи. Серия РТ. Выпуск 3.* – М., 1977. 3. *Боднар Р.В. Перетворювачі поодиноких і рідко повторюваних сигналів. Кандидатська дисертація.* – Л. 2001.

УДК 547.381.5

Р.Б. Никифорчин, І.О. Процько

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра систем автоматизованого проектування

ФОРМУВАННЯ БЛОЧНО-МАТРИЧНИХ СТРУКТУР ДЛЯ АЛГОРИТМІВ ГАРМОНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДАНИХ

© Никифорчин Р.Б., Процько І.О., 2005

Для прийняття рішень з організації обчислення гармонічних дискретних перетворень даних змінних обсягів використовується сформованій циклічний розклад підстановки, який визначається на основі базисної матриці перетворень. Розглянуто програмну реалізацію і результати формування блочно-матричних структур за циклічним розкладом підстановки для алгоритмів перетворення даних.

The passing decisions for synthesis efficient algorithm calculation of the harmonic discrete transforms the arbitrary size of data are used the formed cycle decomposition of substitution what determine for the discrete basis matrix of transform. Program implementation and results of the constructed block-matrix structures on base of the cycle decomposition of substitution for algorithm of the harmonic discrete transforms is considered.

Вступ

Підвищення загального рівня динамічних досліджень зумовило необхідність створення ефективніших і гнучкіших вимірювальних засобів для розв’язання багатьох прикладних задач. В різноманітних задачах відтворювання інформації широко використовують ефективні алгоритми

косинусного перетворення, перетворення Хартлі або Фур'є для змінного обсягу вхідних масивів, що задається тривалістю фізичного процесу [1]. Найпоширеніші швидкі алгоритми гармонічних перетворень для сталого значення вхідного обсягу сигналів, особливо тих, що дорівнюють 2^n ($n=2,3,\dots,k$), що і визначило параметри програмних і апаратних засобів. При одержанні вхідного масиву іншого обсягу ці алгоритми вимагали доповнення нульовими значеннями вхідної послідовності або збільшення частоти дискретизації вхідного сигналу, щоб обсяг послідовностей відповідав значенню, що дорівнює цілому степеню двійки. Розвиток засобів на базі інформаційних технологій ставить вищі вимоги за гнучкістю перед алгоритмічними та на їх основі програмно-апаратними засобами в плані вибору відповідної величини роздільної здатності, що визначається ефективним інтервалом концентрації енергії сигналів. Тобто гнучкість таких програмних або апаратних продуктів передовсім забезпечується можливістю обчислень для змінних обсягів вхідних послідовностей. У [2] запропоновано підхід до ефективного обчислення перетворень змінних обсягів сигналів. Програмна реалізація цього підходу має свої особливості і вимагає створення блок-схем алгоритмів на конкретних етапах програми опрацювання змінних вхідних масивів, особливо при реалізації формування блочно-матричних структур за циклічним розкладом підстановки.

1. Побудова блочно-матричних структур

Обчислення перетворень змінного обсягу на основі декомпозиції [2] вимагає формування матриць, що є елементами гармонічного базису. Для їх генерації запропоновано знаходження підстановки, що визначаються елементами першого та відповідного з наступних рядків квадратної матриці базису перетворення. За цією підстановкою формується циклічний розклад підстановки $P(z)=(z_1)(z_2)\dots(z_s)$, що характеризується конкретною кількістю s -циклів і довжиною кожного циклу залежно від значення обсягу перетворень.

Для визначення $P(z)$ при програмній реалізації необхідно створити обчислювальну процедуру, що базується на визначенні двох рядків квадратної матриці базису перетворення, що задають підстановку, відповідну обсягу гармонічного перетворення. Далі за знайденими двома рядками матриці базису визначається циклічний розклад підстановки, що передбачає знаходження s -кількості циклів циклічного розкладу, значень довжин кожного з цих циклів і, відповідно, значення першого елемента кожного циклу. Реалізована підпрограма створення одновимірному масиву $MMove$, еквівалентна циклічному розкладу підстановки $P(z)=(z_1)(z_2)\dots(z_s)$, використовує рядки обчисленої квадратної матриці базису для перебору елементів підстановки і формування кожного циклу (z_s) та його параметрів. Внаслідок виконання цієї підпрограми можна одержати значення $P(z)$ для довільних обсягів N , наприклад, для косинусної частини

$$N=13, P(Z)=(1,2,4,5,3,6);$$

$$N=14, P(z)=(1,3,5)(2,6,4);$$

$$N=17, P(z)=(1,2,4,8)(3,6,5,7);$$

$$N=24, P(z)=(1,5)(2)(3)(4);$$

$$N=33, P(Z)=(1,2,4,8,16)(3,6,12,9,15)(5,10,13,7,14)(11);$$

$$N=34, P(z)=(1,3,9,7,13,5,15,11)(2,6,16,14,8,10,4,12);$$

$$N=42, Pz)=(1,5,17)(2,4,8,16,10,20)(3,9,15)(6,12,18)(7)(11,13,19)(14);$$

$$N=64, P(z)=(1,3,9,5,15,13,7,11)(2,6,10,14)(4,12)(8);$$

$$N=68, P(z)=(1,3,9,7,13,5,15,11)(6,16,14,8,10,4,12,2);$$

$$N=80, P(z)=(1,3,9,13)(7,19,17,11)(2,16,18,14)(4,12)(5,15)(8,16)(10).$$

Визначені циклічні розклади підстановки $P(z)=(z_1)(z_2)\dots(z_s)$ для конкретних обсягів містять різноманітні довжини циклів від одного до $N/2$ або $N/4$, що визначають розмірність квадратних підматриць в блочно-матричній структурі.

Наступний етап формування вимагає за циклічним розкладом підстановки, згенерувати блочно-матричні структури для оброблення вхідних масивів із змінним обсягом N . Особливість формування цієї квадратної блочної матриці визначається тим, що вона містить певну структуру з набору квадратних підматриць різних обсягів. Ці підматриці є ганкелевими (Hankel) (містять однакові елементи, що розміщені на діагоналях, паралельних до бічної діагоналі ($v[i,j]=v[k,l]$) при

$i+j=k+1$, де $i,j,k,l \in \{1,2,\dots, n\}$; $v[i,j] \in V_p$.) та лівоциркулянтними, що повністю визначаються першим рядком і формуються послідовним зсувом ліворуч наступного рядка [3].

Matrix of moves:																
<1 2 4 8 16 15 13 9> <3 6 12 7 14 11 5 10>																
Matrix of indexes:																
1:	1	2	4	8	1	2	4	8	3	6	5	7	3	6	5	7
2:	2	4	8	1	2	4	8	1	6	5	7	3	6	5	7	3
4:	4	8	1	2	4	8	1	2	5	7	3	6	5	7	3	6
8:	8	1	2	4	8	1	2	4	7	3	6	5	7	3	6	5
16:	1	2	4	8	1	2	4	8	3	6	5	7	3	6	5	7
15:	2	4	8	1	2	4	8	1	6	5	7	3	6	5	7	3
13:	4	8	1	2	4	8	1	2	5	7	3	6	5	7	3	6
9:	8	1	2	4	8	1	2	4	7	3	6	5	7	3	6	5
3:	3	6	5	7	3	6	5	7	8	1	2	4	8	1	2	4
6:	6	5	7	3	6	5	7	3	1	2	4	8	1	2	4	8
12:	5	7	3	6	5	7	3	6	2	4	8	1	2	4	8	1
7:	7	3	6	5	7	3	6	5	4	8	1	2	4	8	1	2
14:	3	6	5	7	3	6	5	7	8	1	2	4	8	1	2	4
11:	6	5	7	3	6	5	7	3	1	2	4	8	1	2	4	8
5:	5	7	3	6	5	7	3	6	2	4	8	1	2	4	8	1
10:	7	3	6	5	7	3	6	5	4	8	1	2	4	8	1	2
Matrix of signes:																
1:	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-
2:	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+
4:	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+
8:	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-
16:	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-
15:	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-
13:	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-
9:	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+
3:	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-
6:	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
12:	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
7:	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+
14:	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
11:	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+
5:	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
10:	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-

Рис.1. Одержані значення масивів MMove, MIndexes, Msignes

Реалізована підпрограма MakeMoveMatrix використовує п'ять циклів з різним рівнем вкладеності та виконанням умов з формування і представлення блочно-матричної структури гармонічного перетворення. В основу побудови квадратних матриць MIndexes, Msignes, що заповнюється квадратними підматрицями з розмірностями, заданими в масиві одновимірному масиву Mmove, використано допоміжну матрицю VHeights. Ця матриця контролює і вказує, скільки елементів у кожному стовпці блочно-матричної структури сформовано. Послідовне заповнення до кінцевих значень елементів матриці VHeights за допомогою одновимірному масиву MMove (циклічному розкладу підстановки) вказує на закінчення формування блочно-матричної структури. В результаті виконання цієї підпрограми можна побудувати для довільних обсягів N-квадратні матриці MIndexes, Msignes, наприклад, при N=17 для синусної асиметричної частини гармонічного перетворення отримаємо значення масивів MMove, MIndexes, Msignes подано на рис. 1.

2. Аналіз одержаних блочно-матричних структур

Сформовані на основі циклічних розкладів підстановки блочно-матричні структури індексів або знаків за своїм набором підматриць і їхнім розміщенням залежать від значення обсягу N гармонічного перетворення. Для більшості простих непарних обсягів циклічний розклад підстановки відповідає $P(z)=(z_1)$, тобто містить кількість циклів підстановки, що дорівнює одиниці $s=1$. Сформована циклічна ліворуч квадратна матриця повністю визначається $P(z)=(z_1)$. Однак серед простих непарних обсягів є обсяги, що містять кількість циклів підстановки, більшу від одиниці $s>1$. Тому одержана блочна матриця для $s>1$ матиме відповідну структуру, наприклад для, N=73 кількість циклів підстановки $s=4$, для N=31, $s=3$, блочна матриця складається з трьох підматриць по горизонталі та вертикалі в сумі дев'яти, а для N=17 з $s=2$ наведено блочні матриці на рис. 1. Отже,

самі сформовані квадратні матриці не є лівоциркулянтними, але містять циклічні ліворуч квадратні підматриці. Для непарних складених обсягів, наприклад, для косинусної симетричної частини гармонічного перетворення з $N=35$ та $s=3$ сформована блочна матриця індексів матиме структуру, подану на рис. 2.

```

Matrix for N = 35
Matrix of moves:
(1 2 4 8 16 3 6 12 11 13 9 17) (5 10 15) (7 14)
Matrix of indexes:
1 2 4 8 16 3 6 12 11 13 9 17 5 10 15 7 14
2 4 8 16 3 6 12 11 13 9 17 1 10 15 5 14 7
4 8 16 3 6 12 11 13 9 17 1 2 15 5 10 7 14
8 16 3 6 12 11 13 9 17 1 2 4 5 10 15 14 7
16 3 6 12 11 13 9 17 1 2 4 8 10 15 5 7 14
3 6 12 11 13 9 17 1 2 4 8 16 15 5 10 14 7
6 12 11 13 9 17 1 2 4 8 16 3 5 10 15 7 14
12 11 13 9 17 1 2 4 8 16 3 6 10 15 5 14 7
11 13 9 17 1 2 4 8 16 3 6 12 15 5 10 7 14
13 9 17 1 2 4 8 16 3 6 12 11 5 10 15 14 7
9 17 1 2 4 8 16 3 6 12 11 13 10 15 5 7 14
17 1 2 4 8 16 3 6 12 11 13 9 15 5 10 14 7
5 10 15 5 10 15 5 10 15 5 10 15 10 15 5 0 0
10 15 5 10 15 5 10 15 5 10 15 5 15 5 10 0 0
15 5 10 15 5 10 15 5 10 15 5 10 5 10 15 0 0
7 14 7 14 7 14 7 14 7 14 7 14 0 0 0 14 7
14 7 14 7 14 7 14 7 14 7 14 7 0 0 0 7 14

```

Рис. 2. Одержані значення масиву $MIndexes$

Для парної розмірності обсягу, коли в мінімальному випадку у циклічному розкладі підстановки $P(z)$ існують два цикли $s=2$ підстановок z_i , що містять окремо непарні і парні елементи. Блочна матриця для парних рядків симетрична, тому матриця V_p містить в нижній частині дві підматриці V_e , а у верхній частині, що відповідає непарним рядкам матриці V_p , містяться підматриці V_o та V_e . Отже, структура блочної матриці V_p з кількістю циклів підстановки, що дорівнює $s=2$ складається з підматриць V_o, V_e :

$$V_p = \begin{pmatrix} V_o & V_e \\ V_e & V_e \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Для блочних матриць з парною розмірністю обсягу та кількістю циклів підстановки $s>2$ лівоциркулянтні квадратні підматриці V_e, V_o мають відповідно блочно-матричну структуру. Наприклад, для $N=42, s=7, P(z)=(1\ 5\ 17)(3\ 9\ 15)(11\ 13\ 19)(7)(2\ 4\ 8\ 16\ 10\ 20)(6\ 12\ 18)(14)$ одержимо матрицю V_p , що розділяється за (1). Причому V_o містить дев'ять квадратних підматриць розмірності (3×3) та рядок і стовпець за $(z_4)=(7)$. Три підматриці V_e , що відповідають парним рядкам матриці V_p , містять чотири квадратні підматриці розмірності (6×6) та (3×3) по дві та рядок і стовпець за $(z_7)=(14)$.

Ці основні особливості складу блочно-матричних структур на основі циклічних підматриць, звичайно, не перекривають всього розмаїття конкретних матричних структур для перетворень різних обсягів. Тому в загальному випадку, за виконаним аналізом для цілих значень обсягів N з множини натуральних чисел, можна виділити в підмножини: $S1$ – непарних значень обсягів, а парні значення N поділяються на підмножини: $S2, S3, S4, S5, S6$. Обсяги з розмірністю $N=2^n$, елементи якої дорівнюють цілій степені двійки, належать підмножині $S5$.

3. Параметри для задання блочно-матричних структур

Побудова і аналіз блочно-матричних структур – трудомісткий процес, особливо для значних обсягів перетворення. Тому необхідно за певними параметрами, одержаними на основі масиву $MMove$ побудови блочно-матричної структури задати двовимірні масиви $MIndexes, Msignes$.

Під час визначення циклічних розкладів підстановки $P(z)=(z_1)(z_2)...(z_s)$ для конкретних обсягів N в підпрограмі $MakeMoveMatrix$ додатково присвоюється кількість циклів підстановки s в $P(z)$, кількість елементів в кожному циклі $(t_1), (t_2), \dots, (t_s)$ в $P(z)$ та значення першого елемента кожного

циклу $(p_1), (p_2), \dots, (p_s)$. Важливо для конкретних обсягів N -гармонічного перетворення в підпрограмі MakeMoveMatrix визначити кількість підматриць n блочно-матричної структури та кількість горизонтально і вертикально розміщених в блочній структурі однотипних підматриць. Для певних обсягів, враховуючи специфічність блочної структури, необхідно задавати значення першого елемента кожної підматриці $(v_1) (v_2) \dots (v_n)$. Наприклад, на рис. 3 подано блочну структуру, що має параметри: $s=4$, $z (t_1=8, t_2=4, t_3=8, t_4=4)$, $(p_1=1, p_2=3, p_3=5, p_4=9)$, кількість підматриць $n=24$. Серед однакових підматриць по горизонталі є по дві типу 2, $\backslash 4$ в одному рядку та 4, $\text{“}2$ в другому рядку та відповідні типи 2, $\backslash 4$ та 4, $\text{“}2$ по вертикалі. Типи підматриць порівнюються за значенням першого елемента $(v_1) (v_2) \dots (v_{24})$ кожної з 24 підматриць.

$N=51$, $P(z) = (z_1) (z_2) (z_3) (z_4) = (1, 2, 4, 8, 16, 19, 13, 25) (3, 6, 12, 24) (5, 10, 20, 11, 22, 7, 14, 23) (9, 18, 15, 21)$,

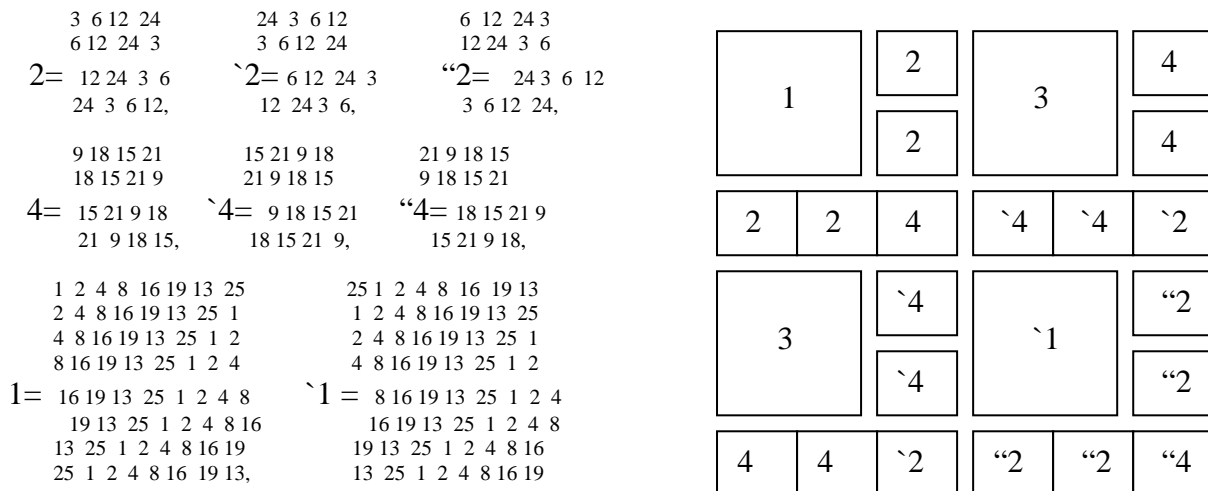


Рис. 3. Блочна структура базисної матриці для обсягу перетворення $N=51$

Висновки

Показано, що завдяки програмній реалізації формування і аналізу блочно-матричних структур гармонічних перетворень виконано узагальнення та виділено:

- типові структури з множини N натуральних чисел для підмножин: $S1$ – непарних значень обсягів та $S2, S3, S4, S5, S6$ для парних значень обсягів ;
- циклічні розклади підстановки $P(z)=(z_1)(z_2)\dots(z_s)$ для конкретних обсягів N ;
- параметри $P(z)$ кількості циклів підстановки – s , кількість елементів в кожному циклі $(t_1), (t_2), \dots, (t_s)$, значення першого елемента кожного циклу $(p_1), (p_2), \dots, (p_s)$;
- параметри кількості підматриць $n \geq s$ та координати підматриць блочно-матричної структури, із значенням першого елемента $(v_1) (v_2) \dots (v_n)$ кожної підматриці.

Отримані параметри визначають основні етапи та складність обчислень гармонічних перетворень конкретного обсягу N . Адже для підматриць, з n визначених, визначається виконання ефективних згорток над двома послідовностями. Одну послідовність обсягом t_j формують, знаючи перший елемент v_i та z_j з циклу підстановки в $P(z)$. Друга послідовність з переставлених за $P(z)$ вхідних даних обсягом t_j визначається за координатами стовпця, де розміщено перший елемент v_i цієї підматриці. Загальний обсяг об'єднаних вхідних даних дорівнює сумі кількості елементів у всіх циклах $((t_1)+(t_2)+\dots+(t_s))$. Організація накопичення вихідних даних виконується відповідно до розміщення підматриць в блочно-матричній структурі. Кінцеві вихідні дані гармонічного перетворення визначаються об'єднанням результатів отриманих згорток.

Детальний аналіз параметрів задання блочно-матричних структур робить обчислення ефективнішим, скорочуючи як кількість виконань циклічних згорток, так і відповідно кількість операцій накопичення. Отримані результати дають змогу створювати ефективні керуючі програми

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 SO₂, оксид азоту NO_x, вуглеводні C_nH_m 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.