

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



В І С Н И К

ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 3-4

***BULLETIN OF ENGINEERING
ACADEMY OF UKRAINE***

Issue 3-4

За матеріалами науково-практичної конференції,
присвяченної 15-річчю Інженерної академії України

Київ 2007 Kyiv

**ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE**

**Журнал друкує статті науковців вузів та установ
України, інших країн відповідно до рубрик:**

Авіаційна й космічна техніка
Військово-технічні проблеми
Геологія, видобування та переробка корисних
копалин
Інженерні проблеми агропромислового комплексу
Інформаційні системи, обчислювальна й електронна
техніка, системи зв'язку та приладобудування
Комунікації (транспортні системи та ін.)
Матеріалознавство
Машинобудування
Медична інженерія
Металургія
Нафтогазові технології
Охорона навколишнього середовища (інженерна еко-
логія) і ресурсозбереження
Стандартизація, метрологія і сертифікація
Будівництво і будіндустрія
Технологія легкої промисловості
Технологія харчової промисловості
Хімічні технології й інженерна біотехнологія
Економіка, право та керування в інженерній діяльності
Енергетика

Матеріали друкуються українською, російською або
англійською мовами.

Номер затверджено на засіданні Вченої ради
Кіровоградського національного технічного
університету

Протокол № 3 від 26.11.2007 р
Вісник Інженерної академії України включений у Пе-
релік № 12 наукових фахових видань ВАК України, в
яких можуть публікуватися результати дисертаційних
робіт на здобуття наукових ступенів доктора і канди-
дата наук в галузі технічних наук (Постанова президії
ВАК України № 1-05/6 від 11.06.2003 р.)

Співзасновники:
Кіровоградський національний технічний
університет
Інженерна академія України
Університет внутрішніх справ

**Journal submits articles of researchers of universities
and institutions of Ukraine and other countries in
accordance with headings:**

Aviation and Space Engineering
Military and Engineering Problems
Geology, Mining and Processing of Minerals
Engineering Problems of Agroindustrial Complex
Information Systems, Computer and Electronic Engi-
neering, Communication Systems and Instrument Engi-
neering
Communications (Transport Networks and others)
Material Science
Mechanical Engineering
Medical Engineering
Metallurgy
Oil-and-Gas Technologies
Preservation of Environment (Ecological Engineering)
and Resource-Saving
Standardisation, Metrology and Certification
Building and Construction Engineering
Technology of Light Industry
Technology of Food Industry
Chemical Technologies and Engineering Biotechnology
Economics, Law and Management in Engineering
Power Engineering

Materials are submitted in Ukrainian, Russian or English
languages.

The issue is approved at the meeting of Academic
Council of Kirovograd National Technical University

Protocol No. 3 dated 26.11.2007
Bulletin of Engineering academy of Ukraine is included
into the List No. 12 of Scientific special editions of
Higher Certification Committee of Ukraine, in which
results of dissertation works may be published for to be
conferred with academic degrees of doctor and candidate
of sciences in the field of engineering sciences (Decree
of presidium of the Ukraine HCC No. 1-05/6 dated
11.06.2003)

Cofounders:
Kirovograd National Technical University

Engineering Academy of Ukraine
University of Internal Affairs

ISBN 5-7763-8361-7

Зміст

АВІАЦІЙНА Й КОСМІЧНА ТЕХНІКА

- Yahya S. H. Khraisat, Felix J. Yanovsky** 9
SPECTRUM WIDTH OF RADAR RETURNS FROM RAIN WITH TURBULENCE
- Felix J. Yanovsky, Vitaly V. Marchuk, Yaroslav P. Ostrovsky, Alexander A. Pitertsev, Yahya S. H. Khraisat, Leo P. Ligthart** 16
MICROWAVE SCATTERING FROM PARTICLES IN TURBULENT ATMOSPHERE AND ITS APPLICATION FOR HYDROMETEOR TYPE RECOGNITION AND TURBULENCE DETECTION
- Князев М.К.** 24
ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ НА КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ С ПОМОЩЬЮ МЕМБРАННЫХ ДАТЧИКОВ
- Кологуша В.П., Рудас С.И., Ярошук О.П.** 28
УЧЕТ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕКТОРОВ ОВД
- Кологуша В.П., Коломієць А.В., Рудас С.І., Ярошук О.П.** 33
ВИКОРИСТАННЯ СПЕКТРУ ПОМИЛОК ДИСПЕТЧЕРА УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ ПРИ ОЦІНЦІ ЙОГО ДІЙ

ГЕОЛОГІЯ, ВИДОБУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

- Калько А.Д.** 36
ПАРАМЕТРИ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТУПНОСТІ АЛМАЗОНОСНОГО РОДОВИЩА ЗА РАХУНОК ЗАХОРОНЕННЯ РАВ
- Лустюк М.Г.** 44
АСПЕКТИ ВИБОРУ І ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОПРОБУВАННЯ І РОЗРОБКИ РОДОВИЩ БУРШТИНУ
- Петривский Я.Б.** 51
ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСТУПНОСТИ ЗАПАСОВ УРАНА ЗА СЧЕТ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
- Петривский Я.Б.** 59
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СОЗДАНИЯ ТРЕЩИН В ПОДСТИЛАЮЩИХ ПОРОДАХ ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА Й ЕЛЕКТРОННА ТЕХНІКА, СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

- Бабенко В.Г., Рудницький В.М., Дахно Т.В.** 64
ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ
- Безвесільна О.М., Киричук Ю.В.** 68
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ НА ПОХИБКУ ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ
- Безвесільна О.М., Киричук Ю.В.** 72
АНАЛІЗ ДОСЯГНЕНЬ У ГАЛУЗІ ВИСОКОТОЧНИХ ВИМІРЮВАЧІВ КУТА
- Безвесільна О.М., Киричук Ю.В.** 78
АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ПОХИБОК ДИНАМІЧНО-НАСТРОЮВАНОВОГО ГРАВИМЕТРА ПРИ СПІЛЬНІЙ ДІЇ КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ ТА ЛІНІЙНИХ ПРИСКОРЕНЬ ОСНОВИ

Божко А.Е., Личкатый Е.А. ОБ УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯМИ ПРИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВИБРАЦИЙ	81
Вишнівський В.В. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ОБ'ЄКТІВ РЕЗО І ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ ІХ У ПРОЄКЦІОНУВАННІ	89
Голуб С.В. ЗАСТОСУВАННЯ АГРЕГАТНОГО ПІДХОДУ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СОЦІО-ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	93
Голуб С.В., Колос П.О. ПРОЄКТУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ГЕНЕРАЦІЇ МОДЕЛЕЙ ЕВРИСТИЧНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ	98
Древецький В.В. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПОСЛІДОВНОГО ПЕРЕКАЧУВАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ ПО ТРУБОПРОВОДАМ	104
Древецький В.В., Юрчевський Є.В. СИНТЕЗ ЕЛЕКТРОФЛЮЇДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДИНАМІЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ	108
Еременко В.С., Суслов Е.Ф., Монченко Е.В., Налесный Н.Б. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ	113
Жиляєв Д.А. ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ПЕРЕСТАНОВОК	117
Жиляєв Д.А. АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ ПЕРЕСТАНОВОК ДЛЯ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	121
Зонов В.Д. ПРОГНОЗНО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАБОТКЕ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ	124
Іщенко В.А., Кучерук В.Ю., Петрук В.Г. ОЦІНЕННЯ СТАТИЧНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ ГАЗІВ	130
Карабчевский В.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ ВТОРОГО ПОРЯДКА В СРЕДЕ AUTOCAD	135
Квасников В.П., Ларин В.Ю., Черняев А.А. КОНТРОЛЬ ПОЛОЖЕНИЯ ЗДАНИЯ. ПРОГРАМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	138
Квасников В.П., Овчаров Ю.В. УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОД ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СРЕД	143
Кучерук В.Ю., Васілевський О.М., Наталич О.М. РОЗВИТОК ЧАСТОТНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН	149
Кучерук В.Ю., Михалевич В.М., Івахова Л.І., Гріщенко О.Л. ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ РІДИНИ В ЦИСТЕРНІ	155
Ларин В.Ю. НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ С ФЕРРИ- И ФЕРРОМАГНИТНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ	161

УДК 006.91.001.42

В. А. Іщенко
В. Ю. Кучерук, д. т. н.
В. Г. Петрук, д. т. н.

ОЦІНЕННЯ СТАТИЧНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ ГАЗІВ

Вінницький національний технічний університет, petruk@vstu.vinnica.ua

Розглянуто рівняння та функцію перетворення системи контролю мікроконцентрації забруднювальних газів. Для даної системи досліджено статичні метрологічні характеристики, такі як чутливість вимірювань та похибки функції перетворення. Проаналізовано залежність цих характеристик від впливних факторів та обчислені значення похибок при заданих умовах роботи системи.

Вступ

Сучасні вимірювання в будь-якій області людської діяльності повинні забезпечувати якомога більшу чутливість та якнайвищу точність. Ця вимога набуває особливої актуальності, якщо мова йде про забезпечення здоров'я людини. А негативних факторів, які впливають на людський організм, існує дуже багато. Одним із них є утворення шкідливих і небезпечних речовин під час користування газовими приладами у побутових умовах (наприклад, на кухнях) [1].

Постановка задачі та аналіз існуючих методів

На сьогоднішній день існує багато різноманітних методів визначення газоподібних речовин у повітрі, в тому числі забруднюючих: оптичні, електрохімічні, хроматографічні, каталітичні, термохімічні методи та ін [2]. Але не всі вони можуть забезпечити високу точність, чутливість та експресність вимірювань. А ці вимоги є головними, оскільки гранично допустима концентрація, наприклад, органічних речовин, які утворюються під час горіння природного газу, є дуже малою. А застосування високочутливих методів є дуже дорогим, а інколи і занадто складним. Прикладом може бути електрохімічний метод, який зараз дуже розповсюджений і який лежить в основі роботи багатьох сучасних приладів для вимірювання концентрації. Цей метод, хоч і забезпечує високу чутливість вимірювань, проте прилади на його основі є не дуже зручними у використанні, оскільки для кожного забрудника потрібен окремий сенсор, тривалість використання якого до того ж обмежується іноді кількома вимірюваннями. Також при наявності кількох забрудників (що якраз характерне для випадку спалювання природного газу) значно знижується селективність електрохімічних методів [3].

Найбільш експресними та чутливими є оптичні методи, які дозволяють вимірювати концентрацію відповідних газових складових на рівні гранично допустимої концентрації (ГДК). Серед оптичних методів найширше використовуються спектроскопія, фотометрія, люмінесцентні методи.

Для дослідження токсичних газових сумішей пропонується модифікований метод абсорбційної спектроскопії в середньому інфрачервоному діапазоні.

З цією метою розробляється система контролю мікроконцентрації забруднювальних газів (рис. 1) [4].

При цьому постало завдання дослідити метрологічні характеристики вищезгаданої системи. Одним із етапів вирішення цього завдання є теоретична оцінка похибок вимірювального перетворення мікроконцентрації забруднювальних газів.

Оскільки принцип дії системи ґрунтується на методі інфрачервоної абсорбційної спектроскопії, то концентрація досліджуваних газів визначається через вимірювання інтенсивності поглинутого газом випромінювання. Отже, у даному випадку ми маємо справу із опосередкованими вимірюваннями.

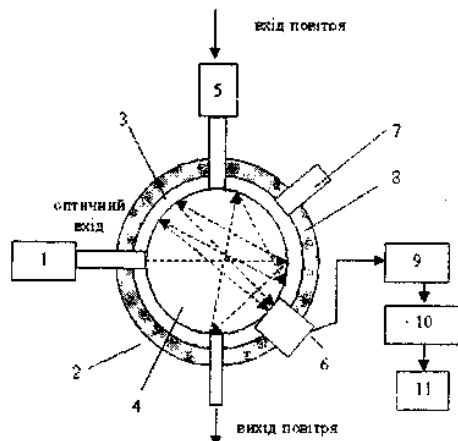


Рис. 1. Функціональна схема системи контролю мікроконцентрації забруднювальних газів:

1 – оптичний інтегровальний резонатор, 2 – насос для прокачування аналізованого повітря, 3 – джерело випромінювання, 4 – датчик, 5 – мікроконтролер, 6 – комп'ютер, 7 – експертна система, 8 – датчик температури і тиску, 9 – термоізолюючий кожух, 10 – термостатуюча порожнина, 11 – порожнина інтегрування опромінюючого пучка (контрольно-вимірвальна порожнина).

Виклад основного матеріалу

Для оцінення похибок використаємо методику, викладену в [5]. Спочатку розглянемо рівняння перетворення розробленої системи [6]:

$$C = -\rho' \cdot \frac{S - S_{отв}}{S} \cdot \frac{\ln \frac{I_1}{I_0}}{k_n(\nu) \cdot \frac{0,083 \cdot T}{P} \cdot D \cdot \cos \alpha \cdot \left(1 - \frac{2}{\lg \left(\rho' \cdot \frac{S - S_{отв}}{S} \right)} \right)} \quad (1)$$

де C – концентрація досліджуваного газу; I_0 – початкова інтенсивність випромінювання; I_1 – інтенсивність випромінювання, яке пройшло через досліджуваний газ і реєструється приймачем; ρ' – коефіцієнт відбивання стінок сферичного вимірвального перетворювача; S – площа сферичного вимірвального перетворювача; $S_{отв}$ – площа робочих отворів сферичного вимірвального перетворювача; $k_n(\nu)$ – коефіцієнт поглинання випромінювання досліджуваним газом; T – температура всередині перетворювача; P – тиск всередині перетворювача; D – діаметр сферичного вимірвального перетворювача; α – кут падіння пучка випромінювання на стінки сферичного вимірвального перетворювача.

В нашому випадку функція перетворення даного опосередкованого вимірювання матиме вигляд (рис. 2):

$$y = f(\bar{x}, \bar{f}) = f(x_1, x_2, x_3, f_1, f_2, f_3, f_4). \quad (2)$$

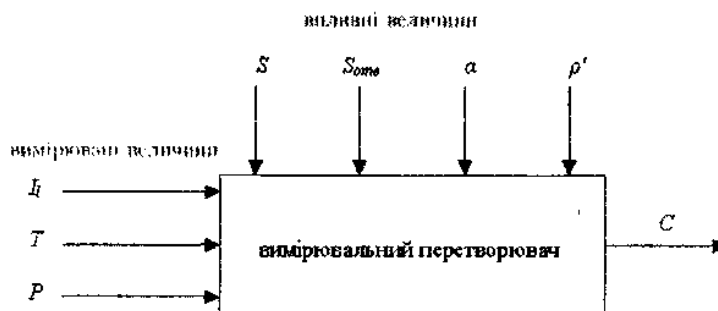


Рис. 2. Вимірювані та впливні величини процесу визначення концентрації газів

На рис. 3 зображено графічну модель функції вимірювального перетворення.

Розклавши (2) в ряд Тейлора, матимемо:

$$y = f(\bar{x}_m) + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot (x_i - x_{m_i}) + \sum_{i=1}^4 \frac{\partial y}{\partial f_i} \cdot (f_i - f_{m_i}) + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 \frac{\partial^2 y}{\partial x_i \partial f_j} \cdot (x_i - x_{m_i}) \cdot (f_j - f_{m_j}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 y}{\partial x_i \partial x_j} \cdot (x_i - x_{m_i}) \cdot (x_j - x_{m_j}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \frac{\partial^2 y}{\partial f_i \partial f_j} \cdot (f_i - f_{m_i}) \cdot (f_j - f_{m_j}) + \dots \quad (3)$$

При цьому із (3) можна виділити такі номінальні коефіцієнти перетворення:

$$S_1 = \frac{\partial C}{\partial I_1} - \text{чутливість } C \text{ по } I_1; S_2 = \frac{\partial C}{\partial T} - \text{чутливість } C \text{ по } T; S_3 = \frac{\partial C}{\partial P} - \text{чутливість } C \text{ по } P.$$

На рис. 4-6 показані залежності чутливостей S_1, S_2, S_3 від вимірюваних величин (інтенсивності поглинутого випромінювання, температури і тиску).

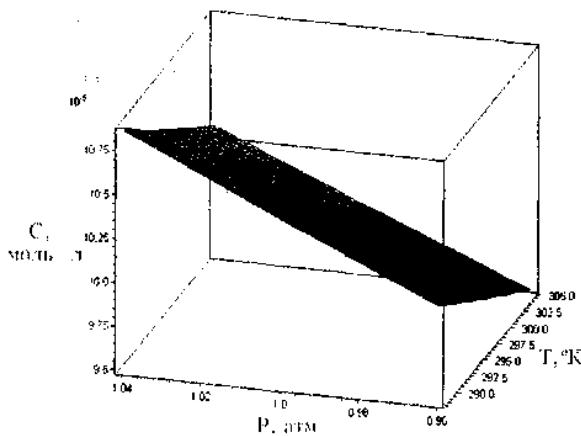


Рис. 3. Графічна модель функції вимірювального перетворення при $I_1 = 0,001$ мВт

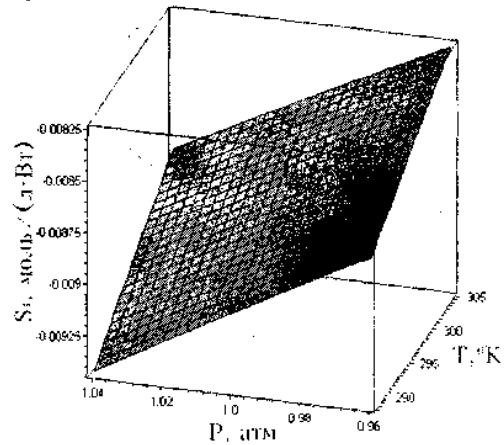


Рис. 4. Залежність $S_1(I_1, T, P)$ при $I_1 = 0,001$ мВт

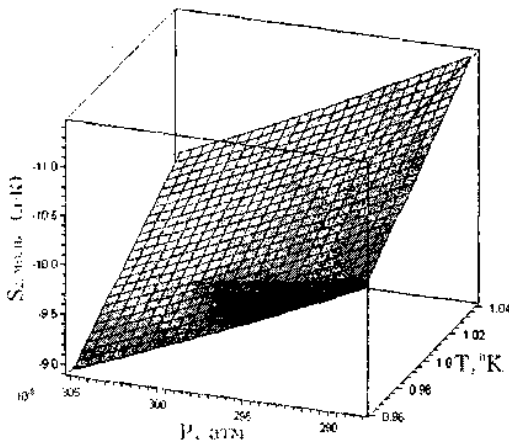


Рис. 5. Залежність $S_2(I_1, T, P)$ при $I_1 = 0,001$ мВт

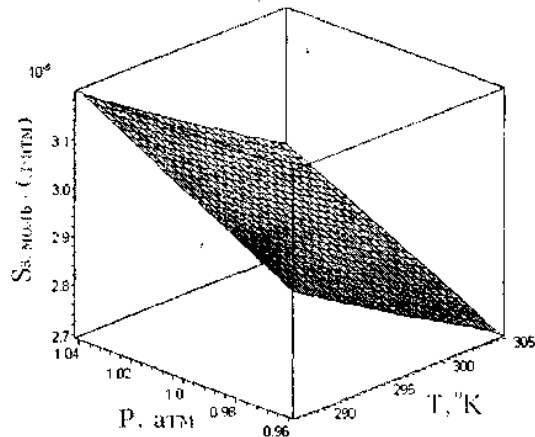


Рис. 6. Залежність $S_3(I_1, T, P)$ при $I_1 = 0,001$ мВт

Як видно, чутливість змінюється лінійно у всьому розглянутому діапазоні зміни впливових факторів.

Абсолютна похибка нелінійності номінальної функції перетворення:

$$\Delta y_u = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 S'_{ij} (x_i - x_{in}) \cdot (x_j - x_{jn}) + \dots = S_{11} \cdot (I_l - I_{ln})^2 + S_{12} \cdot (I_l - I_{ln}) \cdot (T - T_u) + S_{13} \cdot (I_l - I_{ln}) \cdot (P - P_u) + S_{21} \cdot (T - T_u) \cdot (I_l - I_{ln}) + S_{22} \cdot (T - T_u)^2 + S_{23} \cdot (T - T_u) \cdot (P - P_u) + S_{31} \cdot (P - P_u) \cdot (I_l - I_{ln}) + S_{32} \cdot (P - P_u) \cdot (T - T_u) + S_{33} \cdot (P - P_u)^2, \quad (4)$$

де S_{ij} – коефіцієнти зміни чутливостей в діапазоні перетворення:

$$\begin{aligned} S_{11} &= \frac{\partial^2 C}{\partial I_l \partial I_l}; & S_{21} &= \frac{\partial^2 C}{\partial T \partial I_l}; & S_{31} &= \frac{\partial^2 C}{\partial P \partial I_l}; \\ S_{12} &= \frac{\partial^2 C}{\partial I_l \partial T}; & S_{22} &= \frac{\partial^2 C}{\partial T \partial T}; & S_{32} &= \frac{\partial^2 C}{\partial P \partial T}; \\ S_{13} &= \frac{\partial^2 C}{\partial I_l \partial P}; & S_{23} &= \frac{\partial^2 C}{\partial T \partial P}; & S_{33} &= \frac{\partial^2 C}{\partial P \partial P}. \end{aligned}$$

Графічне зображення даної похибки від тиску і температури наведено на рис. 7.

Отже, мінімальна абсолютна похибка нелінійності номінальної функції перетворення спостерігається або при високих температурі та тиску або, навпаки, при одночасно низьких значеннях цих параметрів.

Відносна похибка нелінійності номінальної функції перетворення, яка графічно представлена на рис. 8, має вигляд:

$$\delta_u = \frac{\Delta y_u}{\sum_{i=1}^3 S_i (x_i - x_{in})} = \frac{\Delta y_u}{S_1 (I_l - I_{ln}) + S_2 (T - T_u) + S_3 (P - P_u)}, \quad (5)$$

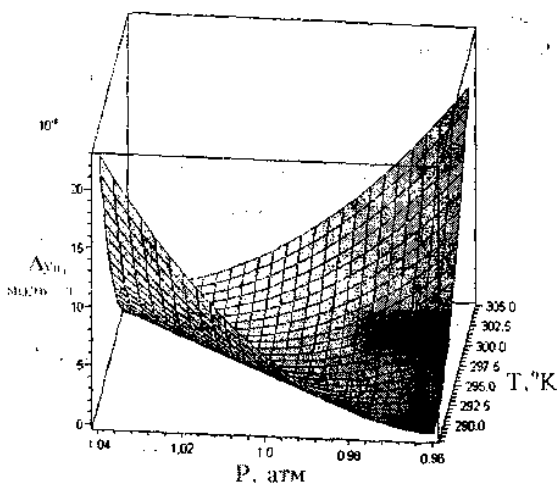


Рис. 7. Залежність $\Delta y_u(I_l, T, P)$ при $I_l = I_{ln}$

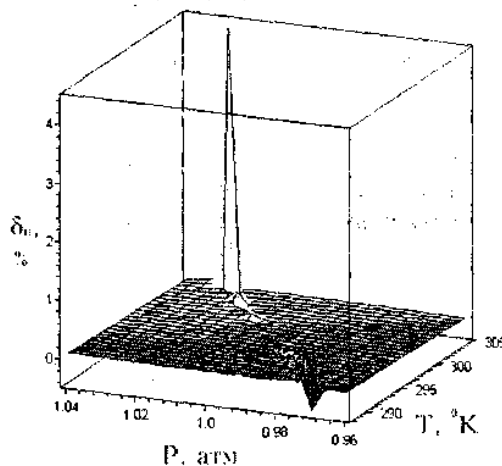
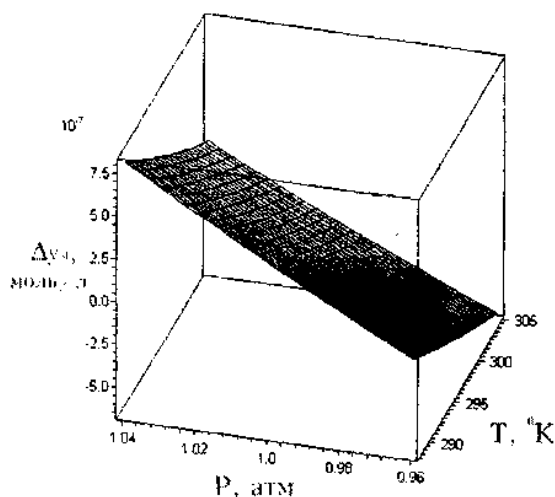
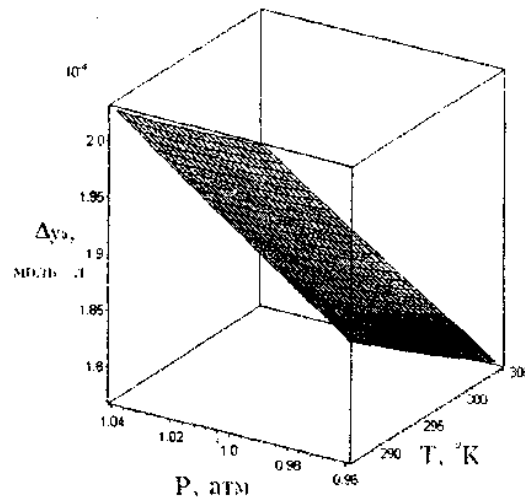


Рис. 8. Залежність $\delta_u(I_l, T, P)$ при $I_l = I_{ln}$

Абсолютна мультиплікативна Δy_u та абсолютна адитивна Δy_a похибки вимірювального перетворення мають вигляд (рис. 9-10):

Рис. 9. Залежність $\Delta u_a(I_1, T, P)$ при $I_1 = I_{1n}$ Рис. 10. Залежність $\Delta u_r(I_1, T, P)$ при $I_1 = I_{1n}$

Як видно із рисунків 9-10, мультиплікативна та адитивна похибки мають схожий характер, набуваючи мінімальних значень при високій температурі та низькому тиску. Причому залежність обох похибок від вищезгаданих параметрів є лінійною в області низьких тисків.

Висновки

Таким чином, після розгляду рівняння перетворення системи контролю мікроконцентрації забруднювальних газів та проведення моделювання залежності похибок вимірювань від вимірювальних параметрів, отримано наступні результати:

1. Похибки нелінійності номінальної функції перетворення носять нелінійний характер в діапазоні зміни вимірювальних параметрів. В свою чергу, адитивна та мультиплікативна похибки, навпаки, змінюються лінійно.

2. Для усереднених значень вимірювальних параметрів (температура – 293°K, тиск – 1 атмосфера) за результатами моделювання отримано такі значення похибок: абсолютна похибка нелінійності номінальної функції перетворення – $3,2 \cdot 10^{-8}$ моль/л, відносна похибка нелінійності номінальної функції перетворення – 0,0754 %, абсолютна мультиплікативна похибка перетворення – $4,5 \cdot 10^{-7}$ моль/л, абсолютна адитивна похибка перетворення – $2,1 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Список літературних джерел

1. Быков Г. А., Мхитарян Н. М. Экология микроклимата газифицированных помещений // Эко-технологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 2. – С. 42-47.
2. Стенцель Й. І. Метрологія та технологічні вимірювання в хімічній промисловості. Аналітичні прилади і методи контролю. Ч.2: Навч. посібник. – Луганськ: вид-во Східноукраїнського нац. ун-ту, 2000. – 263 с.
3. Авдиев А. Г., Брюханов А. Ю. Мультисенсорный газоанализатор для атмосферного мониторинга воздуха жилой зоны // Изв. вузов. Приборостроение. – 2002. – № 2. – С. 52-54.
4. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А. Система газового аналізу для газифікованих житлових приміщень // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 6(63). – С. 20-24.
5. Кухарчук В. В., Кучерук В. Ю., Поджаренко В. О. Оцінка статичних метрологічних характеристик опосередкованих вимірювань // Вісник національного університету "Львівська політехніка". Серія "Автоматика, вимірювання та керування". – 2001. – № 420. – С. 37-45.
6. Іщенко В. А., Петрук В. Г. Математична модель оптичного сферичного перетворювача інтерактивної системи контролю мікроконцентрації забруднювальних газів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 6. – С. 85-89.