

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

На правах рукопису
УДК 536.5

КУЗІЙ Андрій Іванович

**СИСТЕМА АКУСТИЧНОГО МОНИТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ
ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩ**

05.11.04-Прилади та методи вимірювання теплових величин

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Львів 1995



00711228 (L)

1. 18. 08
Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Державному університеті "Львівська Політехніка"

Науковий керівник:

доктор технічних наук,
заслужений винахідник України,
професор Б. Стадник

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, професор Лах Володимир Іванович;
2. Доктор технічних наук,
старший науковий співробітник Владіміров Валеріан Леонідович

Провідне підприємство: Луцьке НВО "Електротермометрія"

Захист відбудеться "1" грудня 1995р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої ради Д04.06.11 при державному університеті "Львівська Політехніка" (290013, м. Львів, вул. С. Бандери 12, ауд. 226 гол. корп.).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці університету (вул. Професорська, 1)

Автореферат розісланий "30" листопада 1995р.

Вчений секретар спеціалізованої ради,
к.т.н., с.н.с.

Луцьк Я.Т.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості тематики. Основною умовою ефективної роботи котельних установок ТЕС є встановлення оптимальних режимів, які б забезпечили якнайповніше згорання пального, максимальну передачу тепла до пароперегрівачів з одночасним запобіганням виходу їх з ладу через надмірне нагрівання, мінімального викиду тепла й шкідливих речовин з пічними газами в атмосферу.

Для встановлення таких режимів роботи котлоагрегатів вирішальною є інформація про розподіл температури в пічному просторі котла, оскільки це дає можливість керувати процесом формування факела. Крім того визначений розподіл температури може бути корисним при дослідженнях, націлених на зменшення шлакування і забруднення довкілля окислами азоту.

Визначення температурних розподілів потребують і такі технологічні процеси горіння, як спалювання з метою отримання продуктів згорання, як сировини для подальшої переробки. В таких процесах для зменшення втрат і викидів в атмосферу успішно використовують процеси коагуляції як аерозолей, так і твердих часточок (сажа, сірчаноокислий туман, каталізаторний пил і т.і.). Використання розроблених алгоритмів можна було б застосувати і для моніторингу коагуляції, вимірюючи амплітуду акустичних сигналів після проходження їх через середовище і піддаючи реконструкції просторовий розподіл коефіцієнту затухання акустичних коливань на різних частотах в середовищі, значення якого повинно зменшуватись з укрупненням осаджуваних частинок.

Крім того ці ж алгоритми можуть використовуватись для контролю технологічних процесів змішування чи розділення на фракції рідинних субстанцій.

Мета роботи й основні завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є створення системи моніторингу температурних полів газових середовищ на підставі теоретичних досліджень акустичного методу вимірювання температури і розробки алгоритмів визначення розподілу локальних температур.

Наукова новизна роботи.

1. Запропоновано і розроблено спосіб апроксимації просторового розподілу величини, оберненої до фазової швидкості звукових коливань в газовому середовищі, кратними тригонометричними, алгебраїчними чи змішаними поліномами, що дає можливість звести визначення просторового розподілу температури до розв'язку системи лінійних рівнянь і подальших простих функціональних перетворень.

2. Отримано аналітичні вирази для коефіцієнтів систем рівнянь, що пов'язують параметри шуканого температурного розподілу з результатами вимірювання часових інтервалів.

3. Розроблено принципи побудови системи акустичного моніторингу температури, її основних модулів та спеціалізованого програмного забезпечення.

4. Запропоновано методику уточнення траєкторій проходження звукових імпульсів для зменшення похибки визначення розподілу температури від рефракції звукових променів.

Достовірність та обґрунтованість наукових результатів забезпечується коректністю проведених розрахунків, результатами імітаційних моделювань і експериментальною перевіркою функціо-

нування створеного макету системи моніторингу розподілу температури.

Практична цінність роботи.

1. На основі вибраної фізико-математичної моделі і розроблених алгоритмів та структурних схем запропоновано апаратну реалізацію акустичного методу реконструкції температурного розподілу як в топках котлоагрегатів, так і в інших об'єктах.

2. З метою наближення процесу реконструкції температурного поля до реального масштабу розроблено оригінальний алгоритм, який реалізовано в пакеті програм для попередньої підготовки даних.

3. Розроблено пакет програм для імітаційного моделювання алгоритмів реконструкції температури в площинних перетинах для об'єктів з різними формами і розмірами, а також з різною кількістю акустичних перетворювачів і їх розгашуванням.

Теоретичні і практичні результати дисертації використані:

- в науково-дослідних роботах, що фінансувались на конкурсній основі Державним комітетом з питань науки та технологій;
- методичних вказівках до практичних робіт з курсу "Моделювання на ЕОМ", який викладається на кафедрі інформаційно-вимірювальної техніки Державного університету "Львівська Політехніка"

Апробація роботи. Про основні результати, отримані в дисертаційній роботі, зроблено ряд доповідей на наукових конференціях в Харкові, Дюссельдорфі, Брюсселі, на науково-технічному семінарі кафедри інформаційно-вимірювальної техніки державного університету "Львівська політехніка" (Львів, 1995р.)

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, викладених на 100 сторінках

машинописного тексту, списку літератури з 69-найменувань, рисунків, таблиць, та ілюстрацій на 15 сторінках.

Публікації результатів. За результатами проведених досліджень опубліковано 10 друкованих праць. Основна частина досліджень, теоретичні та практичні розробки виконано автором самостійно. Визначальним є внесок автора в розробку загальних алгоритмів відновлення розподілу фізичних величин кратними поліномами за інтегральними виборками та конкретних алгоритмів для різних типів поліномів.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступній частині сформульовані мета і основні завдання проведених досліджень, показана наукова новизна і результати, отримані в роботі.

В першому розділі дисертації розглядаються практична актуальність тематики, дослідженість теоретичних основ визначення розподілених параметрів і, зокрема, температури. Зроблено огляд існуючих засобів вимірювання локальних значень температури і можливість їх використання для визначення просторового розподілу температури.

Обґрунтовано вибір температурної залежності швидкості поширення акустичних коливань для її використання в безконтактному методі визначення локальних значень температури:

$$v = \sqrt{\frac{R \cdot \sum (\epsilon_i c_{pi})}{\sum (\epsilon_i \mu_i) \cdot \sum (\epsilon_i c_{vi})}} \cdot T, \quad (1)$$

де R - універсальна газова стала; ϵ_i - відносна концентрація i -ї компоненти газу ($\sum \epsilon_i = 1$); c_{pi} та c_{vi} питомі теплоємності компонент

при сталому тиску та об'ємі; μ молекулярна вага і-ї компоненти.

Використання цієї залежності є можливим тільки за умови детермінованості молекулярного складу газової суміші чи хоча б рівномірності розподілу її компонент.

При вимірюванні часу t поширення акустичних коливань через середовище вздовж шляху S результат вимірювання є інтегральною характеристикою фазової швидкості V звукових коливань, а отже і температури T :

$$t_s = \int_S \frac{ds}{K \cdot \sqrt{T(s)}} \quad (2)$$

де S - напрям поширення звуку, K - коефіцієнт пропорційності, що залежить від складу і властивостей газового середовища.

Основною проблемою, яка досліджується в дисертації, є відновлення невідомої функції температурного розподілу $T(x, y, z)$ за її інтегральними характеристиками - вимірними інтервалами t_s поширення звуку в середовищі.

За результатами теоретичних досліджень сформульовано загальний алгоритм відтворення просторового розподілу температури в газовому середовищі кратним поліномом.

Підготовчі операції:

1. Випромінювачі й приймачі акустичних імпульсів повинні розташовуватись на стінках досліджуваного об'єкту так, щоб напрями поширення імпульсів рівномірно покривали досліджуваний простір. Система координат повинна бути такою, щоб надалі можна було отримати прості аналітичні вирази.

2. Виходячи з апріорної інформації про характер розподілу температури $T(x, y, z)$, вибрати тип $U(x, y, z)$ і порядок n кратного

поліному для моделювання розподілу величини, оберненої до фазової швидкості акустичних коливань:

$$U(x, y, z) = \sum_{i=0}^N \kappa_i U_i(x, y, z), \quad (3)$$

де κ_i невідомі коефіцієнти поліному.

3. З'ясувати аналітичне інтегрування всіх членів $U_i(x, y, z)$ поліному вздовж всіх напрямів S_i звукових променів і обчислити їх значення A_{ij} для кожного напрямку (пари перетворювачів). Для конкретної вимірювальної системи з заданим положенням перетворювачів операцію інтегрування можна провести заздалегідь і тільки одноразово, оскільки значення коефіцієнтів A_{ij} знаходяться у взаємній і однозначній відповідності з заданими координатами перетворювачів. Ці результати наведено в роботі.

Інтегрування для обчислення коефіцієнтів A_{ij} можна здійснювати аналітично чи числовим способом. Для гнучкої вимірювальної системи з наперед не заданими координатами і кількістю перетворювачів необхідно мати аналітичні вирази для всіх інтегралів. Ці вирази отримані і подаються в роботі.

Вимірювальна процедура:

4. Виміряти часові інтервали t_{s_i} поширення акустичних коливань в усіх можливих напрямках S_i , вздовж яких здійснене попереднє інтегрування моделі розподілу температури, і таким чином отримати систему лінійних рівнянь:

$$t_{s_i} = \sum_{i=0}^N A_{ij} \kappa_i \quad (4)$$

Процедура реконструкції температурного розподілу:

5. Розв'язати систему рівнянь (4) і знайти коефіцієнти k_n поліному (3).

Описаний алгоритм є загальним для реконструкції просторового розподілу абсолютних температур в об'ємі газового середовища у вигляді кратного поліному.

Вибір порядку поліному залежить від апіорної інформації про розподіл температури, - а саме: кількість можливих екстремумів і точок перегину функції розподілу вздовж усіх напрямів вимірювань. Спроба використати менший за адекватний порядок призведе до значних методичних похибок при відновленні.

В роботі виведені формули для обчислення коефіцієнтів A_n різних поліномів, наведено алгоритми для відновлення розподілу температури кратними алгебраїчними, тригонометричними, комбінованими поліномами. Так при використанні алгебраїчних поліномів коефіцієнти A_n системи рівнянь (4) обчислюються за формулою:

(5)

$$A_n = \sqrt{1 + \alpha_1^2 + \chi_1^2} \cdot \sum_{p,q,r=0}^{p+q+r=n} \sum_{m=0}^q \sum_{l=0}^r \alpha_1^m \beta_1^{q-m} \chi_1^l \delta_1^{r-l} C_q^m C_r^l \frac{x_{j1}^{p+m+1} - x_{j2}^{p+m+1}}{p+m+1}$$

де $i = pa^2 + qb + r$, x_{j1} та x_{j2} координати приймача та випромінювача відповідно, коефіцієнти α_1 , β_1 , χ_1 , δ_1 визначають напрям S_j вимірювання часу поширення звуку і обчислюються з координат випромінювача та приймача.

При реконструкції двомірною розподілу температури з використанням тригонометричних поліномів порядку n вимірюваний час поширення звукових імпульсів від випромінювача до приймача можна подати у вигляді:

$$\begin{aligned}
 tS = & \sqrt{1 + \alpha_j^2} \cdot \left[2x_j q_0 + \sum_{q=1}^n \left(a_{q0} \frac{\sin(4\pi^2 \alpha_j p + \beta_j) - \sin(\beta_j p)}{2x_j p} - d_{q0} \frac{\cos(4\pi^2 \alpha_j p + \beta_j) - \cos(\beta_j p)}{2x_j p} \right) + \right. \\
 & + \sum_{q=1}^{p+q \leq n-1} \sum_{p=1} \left(a_{pq} \left(\frac{\sin(2\pi((\alpha_j p + q) + \beta_j p)}{2x_j p + q} + \frac{\sin(2\pi((\alpha_j p - q) + \beta_j p)}{2x_j p - q} + \frac{\alpha_j p \sin(\beta_j p)}{q^2 - \alpha_j p^2} \right) - \right. \\
 & - b_{pq} \left(\frac{\sin(2\pi((\alpha_j p + q) + \beta_j p)}{2x_j p + q} - \frac{\sin(2\pi((\alpha_j p - q) + \beta_j p)}{2x_j p - q} - \frac{q \sin(\beta_j p)}{q^2 - \alpha_j p^2} \right) - \\
 & - c_{pq} \left(\frac{\cos(2\pi((\alpha_j p + q) + \beta_j p)}{2x_j p + q} - \frac{\cos(2\pi((\alpha_j p - q) + \beta_j p)}{2x_j p - q} - \frac{q \cos(\beta_j p)}{q^2 - \alpha_j p^2} \right) - \\
 & \left. \left. - d_{pq} \left(\frac{\cos(2\pi((\alpha_j p + q) + \beta_j p)}{2x_j p + q} + \frac{\cos(2\pi((\alpha_j p - q) + \beta_j p)}{2x_j p - q} + \frac{\alpha_j p \cos(\beta_j p)}{q^2 - \alpha_j p^2} \right) \right) \right] \quad (6)
 \end{aligned}$$

де $i = p+q$, a, b, c, d - коефіцієнти тригонометричного поліному, які в рівняннях (3,4) позначені як κ_i .

При використанні поліномів Чебишева коефіцієнти A_{ij} обчислюються за формулою

$$A_{ij} = \frac{pq}{2} \frac{\sum_{k=0}^{p/2} (-1)^k \frac{(p-k-1)! 2^{p-2k} q/2}{(p-2k)! k!} \sum_{l=0}^{q-1} (-1)^l \frac{(q-l-1)! 2^{q-2l} q-2l(q-2l)! \beta_j^h \alpha_j^{q-2l-h} (x_{j1}^w - x_{j2}^w)}{\sum_{h=0}^{q-2l} w(q-2l-h)! h!}$$

де $w = p+q-2k-2l-h+1$, x_{j1} та x_{j2} - координати приймача та випромінювача.

При поданні розподілу змішаними поліномами частина коефіцієнтів системи рівнянь (4) обчислювалась за формулою (5), а частина за (6).

При відсутності апріорної інформації для подання температурного поля слід використовувати змішані поліноми і відновлення розпочати з 1-го порядку

Дослідження функціонування системи реконструкції температурного поля здійснювалося двома способами: імітаційним моделюванням роботи системи за допомогою спеціально розроблених алго-

ритмів і програм та експериментальним дослідженням виготовленого макету системи для вимірювання реального температурного розподілу. Опис макету системи подано в розділі 3.

На рис. 1 показано структурну схему макету системи, на якому проводились експериментальні дослідження розроблених алгоритмів.

Імітаційне моделювання проводилось з метою перевірки функціонування алгоритмів реконструкції, їх стійкості до різних факторів похибок, досліджувалися методичні та інструментальні похибки вимірювання часових інтервалів і її вплив на результат реконструкції температурного розподілу, а також похибки від рефракції звукових променів. Моделюванню піддавався процес збирання вимірювальної інформації.

При експериментальному дослідженні системи інтервали часу вимірювались багатоканальним таймером і зберігались в пам'яті периферійної станції. Кожна серія результатів вимірювань через інтерфейс переписувалась в пам'ять комп'ютера.

Процедура реконструкції температурного розподілу в обох випадках (експеримент та імітаційне моделювання) є однаковою і забезпечує розрахунок та виведення температурного поля і його характеристик.

Для реконструкції оберненої швидкості $U(x, y)$ поширення коливань були створені та випробувані алгоритми і програми.

Для моделювання було обрано кілька типових функцій-моделей середовища з розподіленою температурою і задавалось певне розташування акустичних перетворювачів. При цьому числовим способом визначались інтеграли, які відповідали б виміряним часовим інтервалам поширення звуку при заданому температурному розподілі. Результати моделювань наведені в роботі. На рис. 2 показано приклад

реконструкції розподілу температури: а - модель розподілу, яку слід було ідентифікувати, б - результат відновлення описаними в роботі алгоритмами.

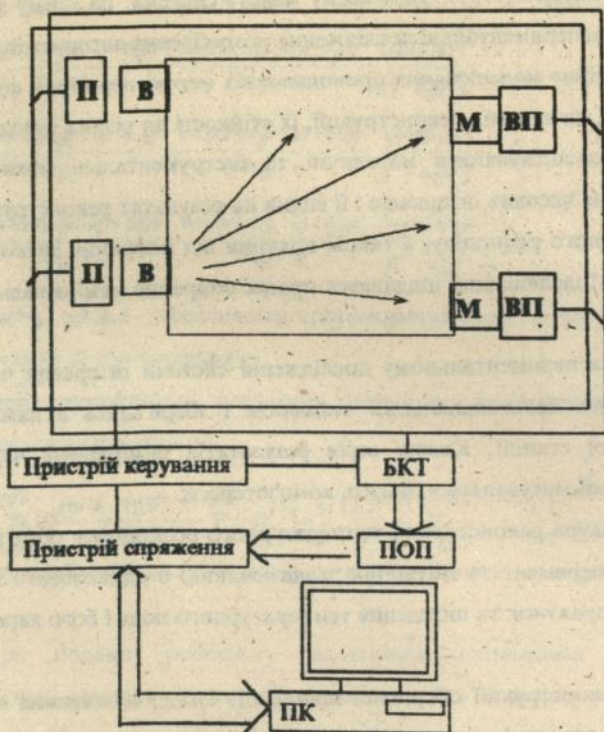


Рис. 1 Система моніторингу розподілу температури.

П- підсилювач зондуючого імпульсу, В- випромінювач, М- мікрофон, ВП- вибірково підсилювач, БКТ- багатоканальний таймер, ПОП- пристрій оперативної пам'яті, ПК- персональний комп'ютер.

Для дослідження роздільної здатності відновлення розподілу температури при застосуванні різних поліномів вибирались моделі з

великими градієнтами температури (понад 100К/см) і стрибкоподібною зміною температури. Зрозуміло, що реального розподілу з таким розривом температури в газовому середовищі досягти важко, однак результати реконструкції таких моделей температурного розподілу дали можливість здійснити порівняння ефективності застосування різних поліномів.

Як критерій оцінки ефективності реконструкції використовувалися середня квадратична, середня за модулем та максимальна похибки визначення температури. Результати моделювання наведені в роботі

Для визначення цих характеристик реконструкції обчислювались значення реконструйованої температури та моделі в понад $n = 400$

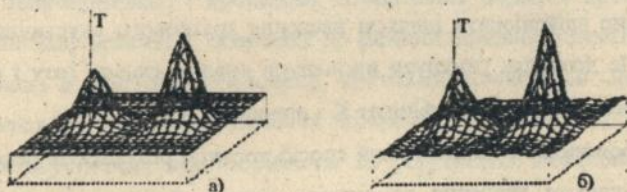


Рис.2 Модель розподілу температури (а) та результат її реконструкції (б).

точках середовища з кроком не більше ніж 30см при розмірах об'єкта 6м x 6м.

При експериментальній перевірці розроблених алгоритмів:

- здійснено обґрунтування вибору параметрів вимірювальної системи;
- проаналізовано принципи побудови та структурні схеми апаратної реалізації акустичного методу реконструкції розподілу температури;

- проведено серію експериментів, які підтверджують можливість практичного здійснення реконструкції розподілу температури в газових середовищах.

Крім зазначеного в розділі 3 проведено аналіз процесів збудження і поширення акустичних коливань в газових середовищах при температурах до 1500К, проведено аналіз і обґрунтування вибору акустичних перетворювачів.

У четвертому розділі проведено аналіз і систематизацію похибок похибок реконструкції температурного поля, вказано на можливі шляхи зменшення їх впливу. Проведено аналіз впливу індетермінованості складу та концентрації компонент газової суміші на похибку реконструкції розподілу температури.

Коригування похибок від індетермінованості газової суміші запропоновано здійснювати шляхом введення зразкового акустичного каналу. Це дозволяє уникнути процедури аналізу складу газу і обчислити безпосередньо коефіцієнт K з рівняння (2).

Запропоновано також інший спосіб корекції результатів реконструкції шляхом введення до складу системи контактних термометрів, які забезпечують вимірювання локальних температур з похибкою до $\pm 1\%$. Це дає змогу, змасштабувати обчислену функцію розподілу температури, прив'язавши її до вимірних локальних значень.

Розроблено методику коригування похибок реконструкції, зумовлених спотворенням прямолінійних траєкторій поширення звуку. Сутність методики полягає в тому, що кожна з траєкторій наближено визначається сукупністю послідовних прямолінійних ділянок. Результати, отримані після реконструкції за моделюванням поширення прямолінійними траєкторіями, використовуються

як перше наближення, і для кожної пари випромінювач-приймач знаходять сукупність точок, через які проходить кусково-лінійна траєкторія. Нова система рівнянь (4) формується для уточнених траєкторій, - обчислюються нові коефіцієнти A_n числовим інтегруванням вздовж нових відомих напрямів.

Сформульовано засади метрологічної перевірки системи. Розроблено методику визначення середнього значення функції оберненого кореня температури в напрямку акустичного каналу.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ:

1. Проаналізовано методи реконструктивної технічної томографії і обґрунтовано вибір фізико-математичної моделі акустичного методу відновлення температурних полів;
 2. Запропоновано і проведено дослідження подання просторового розподілу величини, оберненої до фазової швидкості акустичних коливань в газовому середовищі, кратними поліномами. Досліджено залежність порядку зазначених поліномів від числа використовуваних акустичних перетворювачів та результатів вимірювання часу поширення імпульсів;
 3. Проаналізовані джерела похибок реконструкції температурного поля. Встановлено, що домінуючими складовими є:
методична похибка від апроксимації поля заданим поліномом.
методична похибка від нелінійності поширення акустичних хвиль у середовищі з неоднорідною температурою,
інструментальна похибка вимірювання часових інтервалів.
- Показано, що у випадку апіорної невизначеності температурного розподілу, найменші методичні похибки забезпечуються при застосуванні комбінованих поліномів. Для корекції похибки від рефракції

звукових променів запропоновано алгоритм уточнення траєкторій звукових імпульсів. Встановлено, що вже одна ітерація є достатньою для зменшення похибки до заданого рівня. Показано, що для отримання стійкого образу температурного розподілу інструментальна відносна похибка вимірювання часових інтервалів не повинна перевищувати 0.5%. Запропоновано алгоритми для визначення локальних значень температур газових середовищ за результатами вимірювання часу поширення акустичних імпульсів при поданні просторового розподілу цих значень кратним тригонометричним, алгебраїчним, Чебишева та комбінованими поліномами.

4. Створено пакет програм для імітаційного моделювання алгоритмів реконструкції температури в площинних перетинах для об'єктів різної форми й розмірів, з різною кількістю і розташуванням акустичних випромінювачів та приймачів при використанні різних видів поліномів, що дає можливість суттєво скоротити об'єм натурних експериментів, а також отримати обґрунтовані вихідні характеристики для побудови вимірювальної системи. Шляхом імітаційного моделювання досліджено методичні та інструментальні похибки реконструкції температурного поля, встановлено, що найкращі результати можуть бути отримані при використанні комбінованих поліномів.

5. Створено макет вимірювальної системи для відновлення температурного поля в діапазоні до 800К в об'ємі прямокутної форми розміром 6мХ6м з 16 перетворювачами. Результати випробувань повністю підтвердили отримані шляхом комп'ютерного моделювання дані, що дає можливість проводити подальші роботи над створенням промислового зразка системи для високих температур. Така система з високотемпературними акустичними перетворювачами може бути

застосована для керування процесами спалювання, що забезпечить покращення екологічних та економічних характеристик теплових електростанцій;

6. Обґрунтовано засади метрологічного забезпечення системи моніторингу температурного поля, показано доцільність комбінованого методу метрологічної перевірки, а також необхідність створення зразкової системи для перевірки системи на об'єкті.

Список наукових праць:

1. М.М.Дорожовец, А.И.Кузий, Я.Т.Луцик, Б.И.Стадник Восстановление локальных температур газовых сред на основании бесконтактного измерения интегральных значений температуры. Метрологическое обеспечение температурных и теплофизических измерений в области высоких температур, IV Всесоюзная научно-техническая конференция, Харьков 1990г. 398с.

2. Кузий А.И., Стадник Б.И. Обзор методов определения значений локальных температур газовой среды по измеренным выборкам. Тезисы докладов школы-совещания "Метрологическое обеспечение информационно-измерительных систем и гибких производственных процессов", Москва 1990г.

3. М.Ю.Баран, М.М.Дорожовец, А.И.Кузий Система измерительной реконструкции полей по их интегральным выборкам. Цифровая обработка сигналов в системах связи и управления. Межрегиональная научно-техническая конференция научного технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С.Попова, Львов 1992г. 187с.

4. М.Ю.Баран, М.М.Дорожовець, Б.І.Стадник Спосіб відтворення температурних полів перетинів газових середовищ рядами

Фур'є, Технічні засоби автоматизації вимірів та керування науковими процесами - Вісник Львівського політехнічного інституту N267, Львів 1992р, 96с.

5. Dorozovets M., Kouzli A., Stadnyk B. Mathematical Aspects of Measurement of Temperature Fields in Gases and Flames. VDI/VDE Gesellschaft Mess-und Automatisierung Technik, TEMPERATUR'92 Tagung Dusseldorf, Oct.1992

6. Dorozovets M., Kouzli A., Stadnyk B. The Measurement of Temperature Field by Ultrasonic Computer Tomography Methods, ІМЕКО TC-4, International Symposium On Intelligent Instrumentation For Remote And On-Site Measurements, Brussels, 1993.

7. М.М.Дорожовец, А.И.Кузий Метрологическое обеспечение систем реконструкции температурных полей акустическим методом Метрологическое обеспечение температурных и теплофизических измерений в области высоких температур, Всесоюзная научно-техническая конференция Температура'94, Харьков 1994г.

8.M.Dorozovets, T.Dudykevich, A.Kouzli, B.Stadnyk. The measurement system for the temperature field in gaseous environment 5th International Symposium on Temperature and Thermal Measurement in Industry and Science Tempmeko'93, Prague 1994.

9. М.Дорожовець, А.Кузій Уточнення результатів реконструкції розподілу температури, Технічні засоби автоматизації вимірів та керування науковими процесами - Вісник Львівського політехнічного інституту, Львів 1994р

10. Кузій А.І. Коригування похибок реконструкції температури, зумовлених рефракцією звуку при нерівномірному розподілі температури. Технічні засоби автоматизації вимірів та керування наукови-

ми процесами. Вісник держ. ун-ту "Львівська політехніка", Львів 1995р.

АНОТАЦІЯ

Kouzii A.I. Gase medium temperature fields acoustical monitoring system. Manuscript.

The theses is presented for the Ph.D. science degree competition. Speciality 05.11.04 - the devices and techniques of the measuring thermal values. State university "Lvivska polytechnicka", Lviv 1995.

There are sugested for defending 10 scientific papers where the method of approximation of the area distributed value that is inverse to fase velocity of sound oscilations in gase medium was proposed. This method means the presentation of unknown distribution by multiple thrigonometryc, algebraic and mixed polynoms that leads the temperature reconstruction to the solving linear equations with the next simple founctional transformations and allows to apply the acoustical method for definition of distributed temperature in boiler furnaces.

This method settles the reconstruction as the-plane temperature distribution as volume and onedimensional.

Кузий А.И. Система акустического мониторинга температурных полей газовых сред. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.04 - приборы и методы измерения тепловых величин. Государственный университет "Львівська політехніка", Львов 1995г.

Защищается 10 научными работ, в которых предложены и разработаны способ аппроксимации пространственного распределения величины, обратной фазовой скорости звуковых колебаний в газовой среде кратными тригонометрическими, алгебраическими и комбинированными полиномами, что дает возможность эффективно реализовать акустический метод для определения пространственного распределения температуры в газовых средах (в частности в топках котлоагрегатов) и свести реконструкцию температуры к решению системы линейных уравнений и последующим простым функциональным преобразованиям. Метод позволяет осуществлять реконструкцию распределений температуры как в плоскости, так и объемных или одномерных.

Ключові слова:

вимірювання, акустичний, температурний розподіл, температурне поле, термометр, томографія.

Підл. до друку 15.10.95. Формат 60x84¹/16
 Папір друк. № 2. Офс. друк. Умовн. друк. арк. 1.25
 Умовн. фарб.-відб. 1.25 Умовн. видав. арк. 1.18
 Гираж 160 прим. Зам. 204. Безплатно

ДУДП 290646 Львів-ІЗ, Ст.Бандери, 12.

Дідьниця оперативного друку ДУДП,
 Львів, вул. Городоцька, 286