

МЕТОДИ ТА ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

УДК 621.317

МЕТОД РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПОХИБОК ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

© Колпак Б. Д., 2000
ДНДІ "Система", м. Львів

Запропоновано метод оцінки похибок вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), який дозволяє підвищити ефективність метрологічного забезпечення цих систем.

Актуальною проблемою є організація експериментальних досліджень метрологічних характеристик (МХ) вимірювальних каналів (ВК) ІВС та АСКТП під час метрологічної атестації (МА) і повірки цих систем [1]. В [2] в загальних рисах описано метод розрахунково-експериментальної оцінки похибок (РЕКОП) вимірювальних каналів. В даній статті метод РЕКОП подано більш докладно.

Відповідно до структури ВК та природи вимірювальної фізичної величини вибирається один з трьох варіантів проведення експериментальних досліджень: комплектний (наскрізний), по частинах (компонентах), поелементний. Використання комплектного методу під час МА та повірки ВК має свої переваги і недоліки. Так, наприклад, відсутні відповідні зразкові міри з високими градаціями енергетичних сигналів, які імітують режимні параметри енергетичних підстанцій, що не дозволяє здійснити наскрізне дослідження ВК ІВС. Створити зразковий канал об'єкту, що обслуговується ІВС, неможливо, тому для проведення метрологічних експериментів необхідно створювати і застосувати "зразкові" математичні моделі і тестові сигнали, розробляти нові розрахунково-експериментальні методи для автоматизованих систем контролю і обліку енергоносіїв (АСКОЕ) електроенергії, природного газу, гарячої води.

До каналів АСКОЕ електроенергії в цілому комплектний метод застосувати не вдається оскільки цей метод вимагає відключення високовольтних ліній електропередач від джерела електроенергії на тривалий час, що недоцільно і не завжди можливо здійснити. Окрім того, комплектний метод можна реалізувати лише за допомогою складних та дорогих високовольтних взірцевих засобів вимірювань, які

на даний час в Україні відсутні.

Не завжди на вхід ВК можна подати калібровану фізичну величину, що вимірюється відповідним каналом, значення якої змінювалося б в часі за належним законом. Щоб врахувати вимоги ГОСТ 8.207 під час статистичної обробки експериментальних даних треба зважати на можливу кореляцію між вибірками, дослідити інтервал автокореляції та забезпечити знімання вибірки за час, більший часу кореляції. Приймаючи до уваги інерційність теплових процесів, зрозуміло, що дослідження каналів вимірювання температури наскрізним методом є проблематичними.

В той же час для АСКОЕ теплоенергетичні канали вимірювання тиску можуть атестуватися і повірятися комплектним методом, оскільки існують програмно-керовані взірцеві калібратори тиску.

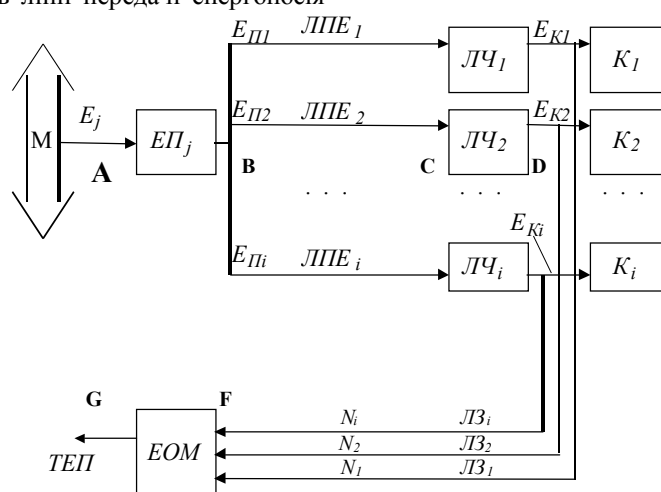
Поелементний метод дослідження МХ вимірювальних каналів більш трудомісткий, в ньому виникають труднощі об'єднання характеристик всіх елементів з гарантованою точністю загального результату. Цей метод частіше застосовують (якщо є належна методика) для ІВС, які укомплектовані серійними, атестованими компонентами, або на етапі проектування (синтезу) ВК ІВС.

Інколи ВК ІВС розбивають на частини з декількох компонентів. Коли не можна застосувати експеримент, застосовують розрахунки. Але таке розбиття виконується без чіткого алгоритму а проведення розрахунків та об'єднання характеристик похибок окремих частин каналу, подальша математична обробка результатів метрологічних досліджень в кожному випадку здійснюється знову. Такий "почастинний" метод дослідження МХ вимірювальних каналів можна вважати більше мистецьким, ніж науковим.

В ідеалізованому вигляді структурну схему j -го каналу передачі і обліку (контролю) енергоносія можна представити схемою на рис. 1, на якій показано лише основні вузли та лінії зв'язку. Для зручності аналізу похибок на цій схемі виділені характерні точки A, B, \dots, G , похибки між якими перераховані в першому стовбці табл. 1. Враховуючи неминучі втрати енергії і похибки компонентів схеми, маємо: $E_j > \sum E_{Pi}$; $E_{Pi} > E_{Ki} \neq (N_i \cdot k)$, де E_j - кількість енергії або енергоносія, що поступає з магістралі у канал; $\sum E_{Pi}$ - сума кількостей енергії або енергоносія на початках окремих ліній передачі енергоносія до індивідуальних користувачів; E_{Ki} - кількість енергії або енергоносія в кінці окремої лінії передачі енергоносія до i -го користувача; N_i - покази лічильника ЛЧ _{i} в лінії передачі енергоносія

до i -го користувача; k - коефіцієнт перетворення показів лічильника в кількість енергії або енергоносія.

Для кожного виду каналу конкретної ІВС основна метрологічна проблема полягає в тому, щоб оцінити кожну складову похибки каналу: чи істотна вона, які причини сприяли її виникненню, за якою методикою її слід досліджувати. При реалізації методу РЕКОП треба виходити з принципу можливості експериментальних досліджень кожної складової математичної моделі похибки ВК чи компоненту ВК в робочих умовах експлуатації. Цей принцип покладено в основу декомпозиції каналів на окремі структурні компоненти. Як це відображено в табл. 1, під час оцінки МХ ВК ІВС досить часто виникає необхідність проведення розрахунків.



M – енергомагістраль, EP – енергоперетворювач, $ЛПЕ$ - лінія передачі енергоносія, $ЛЧ$ - лічильник (давач), K - користувач енергоносія, $ЛЗ$ - лінія зв'язку між давачем і диспетчерським пунктом, $ТЕП$ - техніко-економічний показник.

Рис. 1. Спрощена структурна схема j -го каналу передачі і обліку (контролю) енергоносія.

Таблиця 1 - Методи оцінки похибок компонентів схеми на рис. 1.

Позначення похибки компоненту схеми на рис. 1	Методи оцінки похибки
Δ_{AB}	розрахунковий
Δ_{BC}	експериментальний в робочих умовах або розрахунковий
Δ_{CD}	експериментальний в нормальних умовах з перерахунком на робочі умови
Δ_{DF}	експериментальний в робочих умовах
Δ_{FG}	тестування за спеціальним метрологічним програмним тестом (МПТ)

Розроблений метод РЕКОП у великій мірі вирішує названі проблеми. Метод РЕКОП - це теоретичне узагальнення поелементного методу. В методиках за методом РЕКОП застосовано універсальну математичну модель відносної похибки ВК ІВС, що не залежить від виду системи, і дано рекомендації, як оцінити кожну складову похибки цієї моделі для

конкретного каналу. Як показав аналіз, незалежно від виду ІВС (АСКОЕ) узагальнену модель відносної похибки δ каналу або компоненту каналу системи можна подати у вигляді:

$$\delta = \delta_s * \overset{\circ}{\delta} * \psi(\xi) * \delta_{\text{дин}}, \quad (1)$$

де δ_s - систематична складова відносної похибки ка-

налу; δ^o - випадкова складова відносної похибки каналу; $\psi(\xi)$ - складова функції впливу, яка обумовлена зміною впливної величини або зміною сукупності впливних величин; $\delta_{\text{дин}}$ - складова динамічної відносної похибки, яка залежить від інерційних властивостей каналу; * - позначка згортки.

Зміст і послідовність дій за методом РЕКОП можна зобразити у вигляді такого алгоритму цього методу:

1) декомпозиція досліджуваного ВК за принципом здійсненності експериментальних метрологічних досліджень кожного компоненту наскрізним методом;

2) оцінка суттєвості складових універсальної математичної моделі похибки кожного компоненту ВК;

3) експериментальна оцінка складових моделі похибки для компонентів ВК;

4) приведення експериментальних оцінок складових моделі похибки до робочих умов;

5) розрахункова оцінка складових моделі похибки для тих компонентів ВК, для яких експериментальна оцінка неможлива;

6) приведення розрахункових оцінок складових моделі похибки до робочих умов;

7) статистичне сумування за спеціальною методикою складових моделі похибки по всіх компонентах каналу;

8) розрахунок довірчих границь похибки, оцінок інших МХ та поправки для досліджуваного ВК.

Вимірювання кожної фізичної величини має свої особливості. Застосування методу РЕКОП до АСКОЕ електроенергії рекомендується проводити за алгоритмом обробки експериментальних даних МА ВК ІВС згідно методичних вказівок [3].

Для кожного компонента ВК АСКОЕ електроенергії в кожній j -й точці діапазону вимірювань результати експериментальних досліджень перевіряють на наявність грубих помилок, здійснюють оцінку систематичної складової похибки, оцінку варіації вихідного сигналу. Потім визначають узагальнені характеристики: оцінку математичного сподівання систематичної складової похибки, оцінку с.к.в. систематичної складової похибки, оцінку с.к.в. випадкової складової похибки, оцінку варіації.

Зупинимося на подальшому приведенні оцінок МХ до робочих умов і на статистичному сумуванні складових моделі похибки для компонентів ВК АСКОЕ електроенергії. Як найважливіші МХ розраховуються Δ_B і Δ_H - верхня і нижня границі інтервалу, в якому з імовірністю P знаходиться похибка ВК в j -й точці діапазону вимірювань:

$$\Delta_{B(H)j} = \sum_{k=1}^Z \left(M[\Delta_{sjk}] \right) \pm t_p \sum_{k=1}^Z \left(\sigma^2[\Delta_{jk}] \right)^{0.5}, \quad (2)$$

де $M[\Delta_{sjk}]$ - оцінка математичного сподівання систематичної складової похибки k -го компоненту каналу в j -й точці діапазону вимірювань в робочих умовах експлуатації, $\sigma[\Delta_{jk}]$ - оцінка середньоквадратичного відхилення (с.к.в.) сумарної похибки k -го компоненту в j -й точці діапазону вимірювань в робочих умовах експлуатації, Z - число компонентів каналу за методом РЕКОП.

У випадку неможливості проведення досліджень k -го компоненту каналу в робочих умовах експлуатації, проводять його дослідження в нормальних умовах, а потім здійснюють перерахунок оцінок МХ з врахуванням робочих умов. Математичне сподівання систематичної складової похибки k -го компоненту каналу в j -й точці діапазону вимірювань в робочих умовах дорівнює

$$M[\Delta_{sjk}] = M_H[\Delta_{sjk}] + \sum_{i=1}^F \left(f_{sk}(\xi_i) \right), \quad (3)$$

де $M_H[\Delta_{sjk}]$ - оцінка математичного сподівання систематичної складової похибки k -го компоненту каналу в j -й точці діапазону вимірювань в нормальних умовах експлуатації, $f_{sk}(\xi_i)$ - i -та функція впливу (додаткова похибка) на систематичну складову похибки k -го компоненту каналу в робочих умовах експлуатації, F - число функцій впливу (додаткових похибок).

Окрім того, перераховують з врахуванням робочих умов оцінку с.к.в. сумарної похибки k -го компоненту каналу в j -й точці діапазону вимірювань за такою формулою:

$$\sigma[\Delta_{jk}] = \left((\sigma_H[\Delta_{jk}])^2 + \sum_{i=1}^F \left(f_{\sigma k}(\xi_i) \right)^2 \right)^{0.5}, \quad (4)$$

де $\sigma_H[\Delta_{jk}]$ - оцінка с.к.в. сумарної похибки k -го компоненту в j -й точці діапазону вимірювань в нормальних умовах експлуатації, $f_{\sigma k}(\xi_i)$ - i -та функція впливу на випадкову складову похибки k -го компоненту каналу в j -й точці діапазону вимірювань в робочих умовах експлуатації.

Якщо в нормативних документах на компоненти каналу функції впливу окремо не нормуються, то тоді приймається, що

$$f_{sk}(\xi_i) = 0, \quad f_{\sigma k}(\xi_i) = \Delta_{dki} / 3^{0.5}, \quad (5)$$

де Δ_{dki} - додаткова похибка k -го компоненту каналу від i -тої функції впливу, що вказана в нормативних документах для найважчих умов експлуатації цього компоненту.

Як оцінки верхньої Δ_B і нижньої Δ_H границь інтервалу похибки у всьому діапазоні вимірювань ВК використовують максимальне та мінімальне з одер-

жаних значень по множині j досліджуваних точок діапазону, а саме:

$$\Delta_B = \max_j \{\Delta_{Bj}\}, \quad \Delta_H = \min_j \{\Delta_{Hj}\}. \quad (6)$$

Практичне застосування методу РЕКОП для вимірювального каналу АСКОЕ електроенергії описано в [4]. За методом РЕКОП ВК такої системи умовно розбивається на дві частини: високовольтну та низьковольтну. Високовольтна частина досліджується розрахунковим методом. Низьковольтна частина досліджується експериментально. На основі експериментальних даних знаходять похибки електричних трактів, виділяють їх складові. Оцінюють систематичну складову похибки усього ВК і поправку для похибки ВК. Виключення систематичної складової похибки з результату вимірювань (за рахунок введення поправки) дозволяє звузити довірчий інтервал допустимої сумарної похибки частини електричного тракту ВК з лічильниками, що вимірюють активну або реактивну енергію (потужність) в середньому на 12 — 18 %.

Результати метрологічної атестації (МА) головного зразка АСКОЕ електроенергії дозволили розробити "Типову програму і методику метрологічної атестації" для АСКОЕ електроенергії, яка відповідає вимогам запропонованих МИ2002 [5] і визначила зміст експериментальних досліджень ВК в робочих умовах, регламентувала обробку результатів вимірювань, їх аналіз і правила прийняття рішень. Метод РЕКОП має велику практичну ефективність з точки зору підвищення точності АСКОЕ електричної енергії. Точність АСКОЕ електроенергії під час їх МА підвищувалася приблизно в 2 рази.

Перейдемо до АСКОЕ натурального газу. Типова методика і програма метрологічної атестації вимірювальних каналів телевимірювальних систем об'єктів видобутку нафти і газу [6], що була розроблена нами разом із спеціалістами НВО "Нафтогазавтомат", має деяку специфіку.

Методичні вказівки [6] поширюються на ВК різних типів телемеханічних комплексів із провідними та радіоканалами зв'язку між пристроями контрольованих пунктів (КП) і пультами керування (ПК) на об'єктах видобування нафти та газу. Телемеханічні комплекси (ТМ) з різними давачами забезпечують вимірювання тиску, перепаду тиску, температури, витрати, рівня. Вибір номенклатури і нормування МХ КП, ПК та ТМ здійснюється таким чином, щоб була встановлена відносна чи зведена похибка (клас точності) цих об'єктів. В НД вказуються також граничні допустимі значення додаткових похибок (функції впливу) для кожного впливаючого фактору окремо, а також характеристики систематичних та випадкових похибок. Оцінюється

вірогідність повірки ВК (за МИ187 та МИ188). Калібровані значення вхідної фізичної величини під час експериментальних досліджень подаються на ВК від імітатора вхідних величин відповідно до встановлених досліджуваних точок діапазону вимірювань, наприклад, 0; 20; 40; 60; 80; 100 %. Вхідні та вихідні значення вимірюються взірцевими приладами. Аналітичні вирази похибок ВК в нормальних та робочих умовах, граничного допустимого значення абсолютної похибки ВК подані в МИ 1862 [6].

Телевимірювальні системи об'єктів видобутку нафти і газу проходять індивідуальну МА, яка за методом РЕКОП відбувається в 3 етапи. На першому етапі атестується КП, на другому - ТМ, на третьому - уся система диспетчерського телеконтролю в цілому.

Проблеми метрологічного забезпечення (МЗ) ВК ІВС об'ємних витрат природного газу в певній мірі дозволила вирішити взірцева поршнева установка ВПДУ-41пг, в якій використано дискретно-динамічний метод вимірювання великих витрат газу. Ця установка є єдиним зразковим засобом завдання та відтворення об'ємних витрат газу в Україні. Калібрувальний вимірювальний трубопровід (КВТ) є основною частиною установки і призначений для задання контрольованого об'єму природного газу. В склад компаратора входять різні типорозміри критичних сопел, прилади для виміру тиску і температури природного газу. Реальне середовище, великий статичний тиск (до 1,2 МПа) ускладнюють атестацію установки. Використання в установці ВПДУ-41пг верхньої границі вимірювань біля 10000 м³/год. надає принципову можливість застосування цієї установки як зразкового засобу для градування, повірки і МА всіх серійних лічильників та витратомірів природного газу (великих типорозмірів включно) і навіть для метрологічних досліджень перспективних засобів вимірювання, таких, як турбінних чи ультразвукових лічильників та витратомірів. ДП "Дніпрогаз" (м. Дніпропетровськ) має солідний стаж експлуатації установки ВПДУ-41пг.

В 1991 році установка пройшла першу державну МА, яку виконав Казанський ВНДІВ разом з Івано-Франківським інститутом нафти і газу. За результатами цієї першої МА установка допускалась до застосування як зразкова повірочна установка з відносною похибкою $\delta = \pm 0,6 \%$ в діапазоні середньої об'ємної витрати природного газу в робочих умовах від 250 до 8000 м³/год.

Метод РЕКОП дозволив підвищити точність установки ВПДУ-41пг та перевести її в ранг більш точних. ДНДІ "Система" разом з іншими організаціями проводив другу державну МА установки ВПДУ-41пг за спеціально розробленою програмою і мето-

дикою (спочатку атестувався КВТ, потім - установка в цілому). П'ять індивідуальних критичних сопель проградувані по державному еталону масових витрат газу, що дозволило розглядати їх як зразкові.

Одним з шляхів підвищення точності ВПДУ-41пг є комплексна автоматизація процесів вимірювань і контролю параметрів. З цією метою ДНДІ "Система" разом з НВУ "Прувер", АК "Термоприлад", ДП "Дніпрогаз" розробили та виготовили спеціальну автоматизовану систему вимірювання (АСВ) газу з використанням мікропроцесорної техніки.

Досвід експлуатації установки ВПДУ-41пг доказав можливість підвищення її точності за рахунок застосування модернізованого методу РЕКОП, який дозволяє врахувати одночасну дію усіх впливаючих величин в робочих умовах. Модернізований метод РЕКОП базується на застосуванні спеціальних алгоритмів і програм. Функція середнього значення похибки установки будується на підставі фіксованих значень аргументів, усієї сукупності одержаних значень похибки з використанням методу найменших квадратів. Серед аргументів - номінальні значення тиску та температури, визначені безпосередньо перед прогоном поршня. Коефіцієнти функції середнього значення похибки визначаються шляхом комп'ютерного розв'язку системи рівнянь з 27 рівнянь. Модернізований метод РЕКОП дозволяє ефективно використати мікропроцесорну техніку, підвищити точність ВПДУ-41пг.

Під час останньої метрологічної атестації взірцевої поршневої дискретно-динамічної установки ВПДУ-41пг застосовано методику, яка була розроблена в ДНДІ "Система". Ця методика дозволяє оцінити похибку під час вимірювання та відтворення поточної об'ємної витрати газу, що обумовлена перетоком газу через квазіуцілювання між поршневим розділювачем та внутрішньою поверхнею вимірювальної ділянки трубопроводу, звести до нормальних умов МХ задання, вимірювання та відтворення витрати газу.

Завдяки новим підходам точність відтворення об'ємних витрат газу установкою ВПДУ-41пг підвищена більше ніж в 2 рази [7]. В даний час установка ВПДУ-41пг забезпечує при певних умовах відтворення та вимірювання об'ємних витрат природного газу з відносною похибкою 0,3 %, передачу одиниць об'єму витрат зразковим засобом вимірювання об'ємних витрат з границями похибок від 0,5 до 1,0 %.

Метод РЕКОП було застосовано також для АСКОЕ гарячої (теплої) води [8]. Рекомендовано порядок декомпозиції ВК для кожної магістралі тепlopостачання. Канали ІВС - АСКОЕ гарячої (теплої)

води - діляться на вимірювальні та обчислювальні. За методом РЕКОП вимірювальні канали для прямих вимірювань представлені двома компонентами. Перший - це давач, другий - це комплекс технічних засобів в складі контролеру, ліній зв'язку та засобів обчислювальної техніки. Повірка першого компонента здійснюється в нормальних лабораторних умовах. Другий компонент підлягає експериментальним дослідженням в робочих умовах експлуатації.

Нами вирішувалися також і проблеми метрологічного забезпечення систем автоматизованого дистанційного контролю серії "САДКО" [9-11], що призначені для контролю рівня рідких та зріджених під високим тиском енергоносіїв (світлих та легких нафтопродуктів, зрідженого газу тощо) в місцях їх зберігання.

Такі автоматизовані системи контролю та обліку енергоносіїв розраховані на контроль рівня, густини та температури енергоносіїв та підтоварних вод в ємностях баз їх збереження та транспортування (нафтобаз, терміналів, газонаповнювальних станцій, танкерів, атомних та теплових електростанцій тощо). Названі параметри контролюються методами імпульсної рефлектометрії на базі однотипних давачів (двопровідних електричних ліній різної конструкції: коаксіальні, полоскові тощо) з подальшими розрахунками технологічних та економічних показників та веденням відповідних баз даних. Аналіз рефлектограм зонduючого та відбитого імпульсів дозволяє здійснювати аналогічним шляхом комп'ютерний розрахунок і контроль не тільки рівня та розподілу, але й інших параметрів (густини, температури) рідких або сипких середовищ.

Під час метрологічної атестації цих систем було використано метод РЕКОП. Запропоновано комплексне вирішення проблем метрологічного забезпечення цих АСКОЕ шляхом створення міжгалузевого центру МЗ, а також відповідних стаціонарних та мобільних випробувальних стендів. З використанням методу РЕКОП розроблено інструкції з повірки систем "САДКО" в стаціонарних і польових умовах [10-11].

Все це дало змогу підвищити точність систем автоматизованого дистанційного вимірювання (контролю) рівня "САДКО".

Таким чином, за методом РЕКОП доцільно оцінювати МХ вимірювальних каналів різнотипних ІВС, в тому числі АСКОЕ. Метод РЕКОП дозволяє підвищити точність та метрологічну надійність ІВС, мінімізувати обсяги експериментальних і розрахункових робіт, зменшити загальну похибку оцінок МХ, стандартизувати розрахунки й обробку експериментальних даних, збільшити вірогідність результатів МА й повірок ІВС.

1. Колпак Б. Д., Наталюк М. Ф., Калицинский Ю. Р. Поверка и контроль измерительных каналов ИИС: Обзорная информ. Сер. "Метрологическое обеспечение измерений". Вып. 2. - М.: ВНИИКИ. - 1983. - 27 с. 2. Колпак Б. Д. Нові підходи до метрологічного забезпечення обліку та витрати газу // Методи та прилади контролю якості - 1999. - № 3. - С. 54-59. 3. РД 34.11.206-88. Методические указания. Информационно-измерительные системы. Методика обработки экспериментальных данных метрологической аттестации. - М.: Союзтехэнерго, 1988. - 32 с. 4. Колпак Б., Наталюк М., Андрусак С. Автоматизовані системи вимірювання, контролю та обліку електроенергії: проблеми і методи метрологічної аттестації // Матеріали 2-ї міжнародної конференції по управленню использованием энергии Tacis, BISTRO/96/052). - Львов, 3-6 июня 1997 г. - С. 4-22-4-26. 5. МИ 2002-89. Рекомендация. ГСИ. Системы информационно-измерительные. Организация и порядок проведения метрологической аттестации. М.: Изд-во стандартов, 1989. - 36 с. 6. МИ 1862-88. Методические указания. ГСИ. Измерительные каналы телеизмерительных систем объектов добычи нефти и газа. Типовая методика и программа метрологической аттестации - Львов: НПО "Система", 1988. - 49 с. 7. Колпак Богдан. Концептуальні засади підвищення точності систем обліку енергоносіїв // Вісник Державного університету "Львівська політехніка". Проблеми економії енергії № 2. Видавництво Державного університету "Львівська політехніка". - Львів: 1999. - С. 154-157. 8. Колпак Б. Д., Коновалов В. І., Кучеров Г. В. Системи комерційного обліку витрат теплоенергії. Проблеми метрології // Матеріали міжнародного симпозиума «Наука и предпринимательство». - Винниця-Львов: Винницкая обл. гос. админ-ция, Винницкий ин-тут региональной экономики и управления. - 1997. - С. 99. 9. Жуков Ю., Гордєєв Б., Колпак Б., Наталюк М. Метрологічні проблеми поліметричних систем в управлінні енерговикористанням // Матеріали 2-ї міжнародної конференції по управленню использованием энергии (Tacis, BISTRO/96/052). - Львов, 3-6 июня 1997 г. - С. 4-66 - 4-69. 10. Система автоматизованого дистанційного вимірювання (контролю) рівня меж розділу незмішувальних рідинних середовищ "САДКО". Інструкція з повірки ІП 8.236-95. ДНДІ "Система", Львів, 1995. - 27 с. 11. Система автоматизованого дистанційного вимірювання (контролю) рівня меж розділу незмішувальних рідинних середовищ "САДКО". Інструкція автоматизованої повірки УО4728620 / 8.350-97-ІП. ДНДІ "Система", Львів, 1997. - 16 с.