

# МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-СИСТЕМНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ РЕАЛІЗАЦІЇ ВИМІРЮВАНЬ ЗАДАНОЇ НАДІЙНОСТІ

А.А. Березовський, В.С. Дмитренко

Одеський національний політехнічний університет,  
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: aberezovskiy@soyus-corp.com

Виділено групу оцінок надійності на кожному етапі здійснення вимірювань, для яких сформовано фактори, що визначають точність та достовірність процесу оцінювання. Досліджено похибки вимірювань, зокрема, системні регулярні та методичні. Побудовано «зони» перерозподілу значущості факторів, які впливають на точність та достовірність вимірювань.

**Ключові слова:** інформаційні системи, інформаційно-вимірювальні системи, оцінки надійності та достовірності вимірювань, похибки вимірювань.

## Вступ

Інформаційні та інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) набувають всебічного застосування у всіх сферах діяльності людини: техніці, науці, транспорті, суспільному житті тощо. Від якості (точності) та надійності функціонування цих систем у значній мірі залежить достовірність отриманої за їх допомогою інформації та прийняття на підставі останньої подальших рішень. З огляду на зазначене, дослідження надійності функціонування інформаційних та ІВС набуває першочергового значення. Одним з дієвих та ефективних (з точки зору матеріальних витрат) шляхів розв'язання задачі дослідження якісних характеристик вказаного класу систем є моделювання.

## Основна частина

З інформаційно-системної аксіоматики формалізації процесу реалізації вимірювань заданої надійності слід виділити оцінку надійності на кожному етапі здійснення вимірювань (зокрема: фіксація величини, що вимірюється, первинним датчиком; перетворення первинної інформації у вигляді неелектричної фізичної величини в електричний сигнал; передача електричного сигналу з певними параметрами по каналу зв'язку; прийом електричного сигналу з каналу зв'язку, його перетворення та інформаційна обробка, тощо), яка характеризує хід вимірювань з метою з'ясування питань щодо досягнення вимірюваннями необхідних (достовірних) значень, а саме:  $PH_i, i = \overline{1, n}$  ( $n$  – число задіяних етапів процесу вимірювань). Крім того слід з'ясувати, наскільки достовірно виконано оцінку. Береться до уваги, що кожний етап процесу вимірювань завершується підтвердженням виконанням вимог стосовно надійності  $PH_{ij} \in [PH_{ij}]_\gamma, i = \overline{1, n}$  з урахуванням довірального інтервалу значень показників надійності при довіральної вірогідності  $\gamma$ . Останнє співвідношення має смисл лише в «інформаційній системі координат»  $j$ -го етапу

процесу вимірювань, оскільки об'єктом, що підлягає оцінюванню, є результат вимірювань саме на  $j$ -му етапі.

Виходячи з цих положень, необхідно враховувати дві групи факторів, що визначають точність та достовірність оцінки значень  $PH_{ij}$ . Це фактори, які визначають точність та достовірність оцінки (ТДО) значень  $PH$  в «інформаційній системі координат» (ІСК)  $j$ -го етапу вимірювань, та фактори, які визначають ТДО в «ІСК» завершального етапу процесу вимірювань. При цьому, факторами першої групи виявляються: ступінь відповідності моделі, за якою здійснюється оцінювання  $PH$ , до результату вимірювань на  $j$ -му етапі; адекватність, достовірність та точність вихідної (вимірювальної) інформації, що використовується для оцінки  $PH_{ij}$ ; адекватність, достовірність та точність метода оцінки  $PH$  (припущення метода, точність обчислювальних процедур, точність обробки результатів). До факторів другої групи можна віднести: ступінь відповідності (адекватності) результату  $j$ -го етапу вимірювань кінцевому результату вимірювань (завершальному значенню). Причому, для кількісного виразу ролі факторів другої групи можна використати шкалу так званого «інформаційного коефіцієнта адекватності», який пропонується представляти наступним чином:  $0 \leq \eta_j \leq 1, j = \overline{1, s}$ .

Основними методами дослідження надійності результатів вимірювань на етапах процесу вимірювань є розрахункові методи [1, 2]. Їх реалізація має на увазі використання існуючого в даній предметній області розрахункового апарату та інформації щодо вірогідносних властивостей вихідних величин. Тому в рамках факторів першої групи, які визначають ТДО значень  $PH_{ij}$  формуються (за традиційною класифікацією [3]) похибки систематичні та випадкові.

Загальним видом похибок для методів, які використовуються для оцінки  $PH$  систем вимірювання, що проектуються, виявляються систематичні, регулярні похибки, і ці похибки утворюються через неточність математичного опису процесу вимірювань, спрощенню вихідної фізичної картини інформаційних процесів – тобто являють собою методологічні похибки. Вказаний вид систематичних похибок, що притаманний факторам першої групи, повинен розглядатися лише в тій мірі, в якій можливо виразити відмінність етапного результату процесу вимірювань і тих математичних описів (математичних моделей), які використовуються на конкретному етапі вимірювань для виконання досліджень та розрахунків. В іншому випадку цей вид похибок повинен розглядатися в рамках факторів другої групи.

В числі з розглянутим видом систематичних похибок, методам оцінки  $PH$  процесу вимірювань можуть відповідати і інші види методичних похибок. Так, для методів статистичного моделювання властиві методичні похибки, що зумовлені використанням наближених процедур чисельного інтегрування вихідних диференціальних рівнянь, обмеженістю обсягів статистичних випробовувань, наближенням розподілів «вихідних» величин теоретичними функціями розподілу у вигляді відомих законів або розкладів у ряди (наприклад, Грама-Шарл'є та інш.). В рамках факторів першої групи, які визначають ТДО значень  $PH_{ij}$  окремих вимірювань, наявними є загальні для всіх методів оцінки надійності, що використовуються, випадкові похибки, які, в свою чергу, породжено неповним представленням про можливий випадковий характер фізичних явищ процесу вимірювання та передачі вимірювальної інформації, обмеженість та різноманітність вихідної статистичної інформації про них. Всі перераховані похибки, так само як і похибки методичного характеру, пов'язані з неточністю математичного опису процесу вимірювань (або апаратних засобів, за допомогою яких здійснюються вимірювання та передається вимірювальна інформація), можуть бути враховані розрахунковим шляхом або за допомогою експертних оцінок.

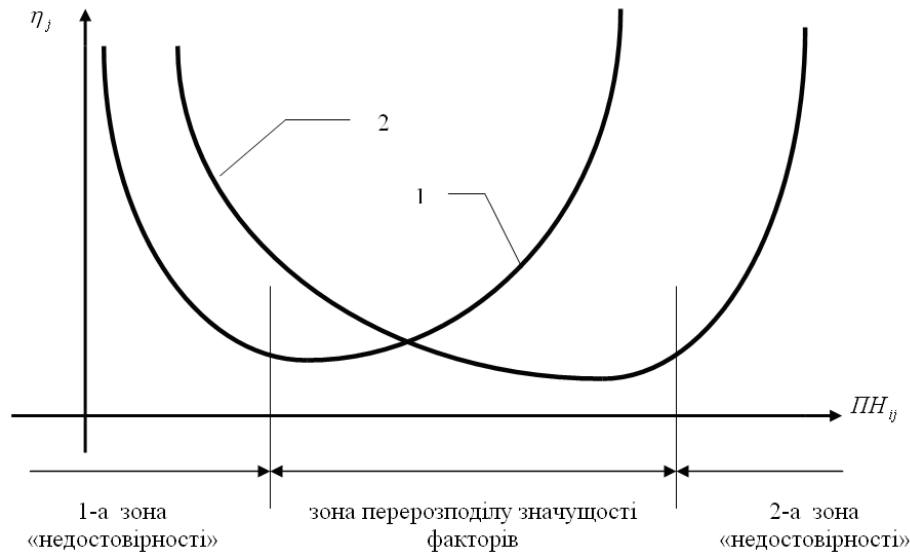
Аналіз розглянутих систематичних та випадкових похибок, що відносяться до факторів першої групи, і які визначають ТДО  $PH$ , дозволяють визначити в «системі координат»  $j$ -го етапу вимірювань відповідність вимогам досягнутого рівня надійності (достовірності). Ці вимоги виконано, якщо оцінки  $PH_j \in [HPI]_{\gamma}$ . Однак, даний аналіз носить методичний характер у тому відношенні, що дає представлення щодо точності обчислення оцінок  $PH_j$  у межах «ІСК», що розглядається. Причому, оскільки розглянуті похибки першої групи є, в певних межах, керованими (зміна кроку інтегрування, збільшення обсягу статистичних випробовувань, варіювання числом експертів, тощо), то в рамках  $j$ -ї «системи координат» формується судження щодо виконання вимог відносно надійності.

Точність та достовірність оцінки  $PH_j$  результату здійснення вимірювань на  $j$ -му етапі визначаються з урахуванням похибок що відносяться до факторів другої групи. Ці похибки оцінюються інформаційним коефіцієнтом адекватності  $j$ -го перетворювача  $\eta_j$ . Причому, оцінка полягає у корегуванні значень довірливої вірогідності, з якою досягнуте на  $j$ -му етапі підтвердження процесу вимірювань вимогам по надійності може бути перенесено на наступні етапи  $\gamma_{j+1} = \eta_j \cdot \gamma_j$ .

На завершальних етапах вимірювального процесу використовуються моделі та методики оцінки досягнутого рівня надійності, адекватні щодо конкретної процедури вимірювань та апаратних засобів її реалізації. Вони обробляють фактичну експериментальну статистичну інформацію про хід процесу вимірювань. В своїх алгоритмах зазначені моделі реалізують накопичення та переробку інформації щодо надійності завершального етапу вимірювань, а також здійснюють оцінювання значень  $PH$  в інтервальній формі, що дозволяє постійно відстежувати міру ТДО.

В аналізі точності та достовірності оцінки  $PH$  певного процесу вимірювань, актуальними є питання: як співвідносяться фактори першої та другої групи, що визначають точність та достовірність  $PH$ ; які є можливості щодо підвищення точності та достовірності оцінки; як реалізувати витрати на підвищення точності та достовірності оцінювання. З метою формування відповідей на поставлені питання необхідно зіставити «долі недостовірності», які приходяться на фактори першої та другої групи. При цьому необхідно врахувати, що, оскільки міру точності та достовірності по факторах першої групи (інтервал значень, в якому повинні знаходитись показники, що оцінюються, та відповідна довірлива вірогідність) регламентовано необхідністю підтверджувати на кожному етапі вимірювального процесу  $PH_{ij} \in [HPI_{ij}]_{\gamma}, i = \overline{1, n}$ , то, у відношенні до цих факторів, не зовсім коректно ставити питання щодо підвищення точності та достовірності  $PH$ . По відношенню до цих факторів необхідно розглядати задачі забезпечення перевірки виконання умов  $PH_{ij} \in [HPI_{ij}]_{\gamma}, \overline{1, n}$  для варіантів конструкторських розробок та раціоналізації витрат на вимірювання за рахунок використання для оцінки  $PH$  адекватних  $j$ -му етапу інформаційних засобів. По відношенню до факторів другої групи зазначені питання сформульовано некоректно. Це означає, що можливі дії, спрямовані на підвищення достовірності оцінювання  $PH$  певного процесу вимірювань. При цьому, оскільки достовірність оцінювання в даному випадку залежить від усієї сукупності інформаційних засобів, що визначають глибину та якість вимірювань на  $j$ -му етапі, у відповідності до поставлених критеріїв, то й зусилля повинні бути всебічними, спрямованими по всіх інформаційних складових. Зокрема, необхідно розширення спектру математичного моделювання певних етапів або всього процесу вимірювання в цілому; реалізація оптимізаційних та імітаційних досліджень; використання ефективних програмних засобів (навіть створення САПР) тощо.

Наведені міркування можуть бути доповнені якісним представленням тенденцій (рис. 1), що відбивають взаємодію інтенсивності вимірювань з послідовною реалізацією міри адекватності  $\eta_j$ , яка може розглядатися як відбиток цільового спрямування на результат, що досягається, в виконанні вимірювань на певному їх етапі. На рис.1 зіставлено зони «недостовірності», що визначаються факторами першої (крива 1) та другої (крива 2) груп. Між кривими знаходиться зона, що характеризує перерозподіл значимості вказаних факторів, який відбувається за рахунок зміни інформативності певних етапів вимірювань (їх «вагових» коефіцієнтів), що знаходить відображення у підвищенні значень інформаційного коефіцієнту адекватності на величину  $\Delta\eta_j$ . Вказані зміни призводять до можливого виграшу у часі вимірювань на величину  $\Delta T_j$ .



**Рис. 1.** Перерозподіл зон значущості факторів, що впливають на точність та достовірність вимірювань

Підвищення ТДО  $ПН$  процесу вимірювань при переході з етапу на етап (за умови виконання вимоги: кожний етап закінчується підтвердженням правила  $ПН_{ij} \in [НП_{ij}]_{\gamma}$ ) може досягатися за рахунок прийняття до уваги на наступному етапі достовірності оцінки, яку досягнуто на попередньому етапі та яка переноситься на етап, що розглядається, за правилом  $\gamma_{j+1} = \gamma_j \eta_j$ . При цьому, перенесення центра тяжіння щодо якості процесу вимірювань на попередні його етапи, спричиняє очевидний ефект:  $\gamma_{j+1} = \gamma_j (\eta_j + \Delta\eta_j)$ ,  $\Delta\gamma_{j+1} = \gamma_j \Delta\eta_j$ , де  $\Delta\gamma_{j+1}$  — прирощення достовірності, що переноситься на наступний етап вимірювань, за рахунок прирощення значень інформаційного коефіцієнту адекватності.

Важливим є перерозподіл «ролей», які відіграють похибки, що характеризують ТДО  $ПН$  в залежності від тривалості процесу вимірювань. На початкових етапах похибки оцінки, що пов'язані з факторами другої групи, переважають над похибками, які характеризують фактори першої групи. Тому тут втрачає сенс перенос досягнутої достовірності на наступний етап вимірювань з метою підвищення точності оцінювання  $ПН$ . Разом з тим, підкреслене не відкидає актуальності в «ущільненні» проектних робіт початкових етапів вимірювання, оскільки можливим є суттєвий виграш в темпах реалізації процесу вимірювань, оскільки можливим є суттєвий виграш в темпах здійснення вимірювань і, таким чином, в раціоналізації витрат (апаратних або інформаційних) на вимірювання. При «просуванні» по етапах процесу вимірювань, по мірі зміни значущості факторів першої та другої груп, у зв'язку зі зближенням етапного

результату реалізації вимірювань, принциповим стає можливість обліку достовірності в оцінці *ПН* процесу вимірювань, яку досягнуто на попередньому етапі і яку задіяно у розрахунку *ПН* на поточному етапі процесу вимірювань. В даному випадку є задіяними значні складові загальних витрат на вимірювання, пов'язані із залученням інформаційних ресурсів, необхідних для точної та достовірної оцінки *ПН*.

## Висновок

Показано, що в ході моделювання якісних характеристик інформаційних та ІВС можна дослідити систематичні та методичні похибки систем. При цьому моделювання дозволяє отримати об'єктивні характеристики, на відміну від часто застосованих експертних оцінок, заснованих на «суб'єктивізмі» експерта-людини.

## Список літератури

1. Цветков, Э.И. Алгоритмические основы измерений / Э.И. Цветков. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 274 с.
2. Розенберг, В.Я. Введение в теорию точности измерительных систем / В.Я. Розенберг. – М.: Сов. Радио, 1975. – 327 с.
3. Телешевский, В.И. Рекуррентное робастное оценивание в автоматизированных измерительных информационных системах / В.И. Телешевский, Д.А. Мастеренко // Измерительная техника. 1997. – № 4. – С. 16–19.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-СИСТЕМНЫХ СВОЙСТВ ПРОЦЕССА РЕАЛИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАДАННОЙ НАДЕЖНОСТИ

А.А. Березовский, В.С. Дмитренко

Одесский национальный политехнический университет,  
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: aberezovskiy@soyus-corp.com

Выделена группа оценок надежности на каждом этапе осуществления измерений, для которых сформированы факторы, что определяют точность и достоверность процесса оценивания. Исследованы ошибки измерений, в частности, системные регулярные и методические. Построены «зоны» перераспределения значимости факторов, которые влияют на точность и достоверность измерений.

**Ключевые слова:** информационные системы, информационно-измерительные системы, оценки надежности и достоверности измерений, ошибки измерений.

## DESIGN OF INFORMATIVE-SYSTEM PROPERTIES OF PROCESS OF REALIZATION OF MEASUREMENTS OF THE SET RELIABILITY

A.A. Berezovskiy, V.S. Dmitrienko

Odessa National Polytechnic University,  
1, Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: aberezovskiy@soyus-corp.com

The group of estimations of reliability is selected on every stage of realization of measurements which factors are formed for, that determine exactness and authenticity of evaluation process. The errors of measurements are investigational, in particular, system regular and methodical. The «areas» of redistribution of meaningfulness of factors which influence on exactness and authenticity of measurements are built.

**Keywords:** informative systems, informative-measurements systems, estimations of reliability and authenticity of measurements, errors of measurements.