

CONTRIBUȚII LA ASIGURAREA METROLOGICĂ PRIN ANALIZA TRASABILITĂȚII MĂSURĂRILOR ȘI A INCERTITUDINII DE MĂSURARE

CONTRIBUTIONS TO THE METROLOGICAL ASSURANCE BY THE ANALYSIS OF THE TRACEABILITY AND MEASUREMENT UNCERTAINTY

*Doctorand: ing. Adriana VÂLCU – CS, Institutul Național de Metrologie
PhD: eng. Adriana VÂLCU –SR, National Institute of Metrology*

*Conducător științific: Prof. univ. dr. ing. Constantin MILITARU,
Facultatea IMST, Catedra TCM, Universitatea „POLITEHNICA” din BUCUREȘTI*

*Scientific coordinator: Professor dr. eng. Constantin MILITARU,
POLITEHNICA University of Bucharest, IMST Faculty, TCM Department*

Teza de doctorat are ca temă un domeniu de mare actualitate și importanță, în contextul asigurării uniformității și exactității măsurărilor la nivel național.

Lucrarea cuprinde elemente importante de sinteză privind stadiul actual al asigurării metrologice în domeniul în care autoarea își desfășoară activitatea, precum și unele contribuții ale doctorandei la dezvoltarea domeniului mase.

Preocupările autoarei privind introducerea unor noi tehnici de măsurare se întind pe o perioadă importantă de timp, iar lucrarea de față este rezultatul unei experiențe acumulate de-a lungul anilor, de activitate metrologică experimentală, al schimbului de idei cu specialiști din țară și din străinătate, ce asigură dezvoltarea metrologică a etaloanelor și metodelor de etalonare pentru domeniul mase.

Cercetarea efectuată în prima parte a tezei a vizat în primul rând, evidențierea obiectivelor principale ale metrologiei, structura acesteia precum și ansamblul de activități de metrologie care contribuie la asigurarea metrologică.

Pornind de la definirea calității s-a continuat cu evidențierea contribuțiilor și a etapelor esențiale la dezvoltarea și evoluția conceptului de calitate, ținând cont și de faptul că, pentru asigurarea calității produselor, trebuie să se asigure o bună calitate a proceselor, și nu numai a celor productive, ci a tuturor proceselor dintr-o organizație.

Pentru cercetarea mai profundă a mecanismului de implementare a sistemului de management al calității, s-a procedat la prezentarea sistemelor de management al calității în viziunea standardelor ISO 9000 și SR EN ISO/CEI 17025, care cuprind,

The thesis's subject is a very topical and important field, in the context of ensuring uniformity and accuracy of measurement on national level.

The work contains important synthesis elements regarding the current state of metrological assurance in the field where the author operates, as well as some PhD contributions to the development of the mass field.

The author's concerns regarding the introduction of new measurement techniques are extended over a substantial period of time, the present work being the result of the experience gained over the years, experimental metrological activity, of the exchange ideas with experts from the country and abroad, which ensure the metrological development of standards and calibration methods for the mass field.

Research done in the first part of the doctoral thesis was aimed primarily to highlight the main objectives of metrology, its structure and all the activities that contribute to the metrological assurance.

Starting from the definition of quality, it has continued to highlight the contributions and the essential stages in the development and evolution of the quality concept, taking into account that, for the quality assurance of the products, must be ensured a good quality processes and not only the productive processes, but all processes from one organization.

For a deeper investigation of the mechanism for implementation of quality management system, it was performed a presentation of quality management systems in view of ISO

corespunzător, ca element esențial al asigurării calității, cerința de etalonare a echipamentului de măsurat utilizat și de trasabilitate a rezultatelor măsurărilor la unitățile SI.

Întrucât, calitatea serviciilor și produselor depinde din ce în ce mai mult de credibilitatea măsurărilor, importanța dată acestora este reflectată în norme prin condiții în care măsurările trebuie să fie trasabile la etaloane naționale sau internaționale de măsurare.

Trecerea în revistă a acestor concepte, cât și evaluarea stadiului actual al cercetărilor în acest domeniu au permis formularea concluziilor ce se impun și stabilirea următoarelor obiective de studiu:

- considerații teoretice privind diseminarea unității de masă;
- considerații practice privind diseminarea unității de masă.

În acest sens, teza cuprinde fundamentarea teoretică și îmbunătățirea practică a unor metode moderne de măsurare specifice domeniului Mase și pune în special accentul pe elaborarea bugetelor de incertitudini pentru cele mai reprezentative etaloane: de referință și clasă E_1 . Metodele sunt însoțite de algoritmi de calcul creați special pentru a facilita direct calculul incertitudinii de măsurare doar prin introducerea datelor primare.

În finalul tezei de doctorat se prezintă concluziile generale, formulate pe baza studiilor elaborate, elementele de originalitate ale tezei de doctorat precum și direcțiile viitoare de cercetare în domeniul abordat.

Lucrarea aduce contribuții la analiza, fundamentarea teoretică a unor metode originale de determinare a masei și pune accentul pe elaborarea bugetelor de incertitudine pentru cele mai reprezentative etaloane din domeniul Mase (de referință și clasă E_1) în intervalele 500g...1mg, 100g...10 kg (pentru care sunt destinate două comparatoare automate). De asemenea, sunt propuse noi metode de determinare a masei și a incertitudinii de etalonare pentru intervalul (10...50) kg, putând fi acoperit astfel întreg domeniul de greutate de la 1 mg la 50 kg, clasă E_1 .

În ceea ce privește capacitățile de măsurare și etalonare, pentru domeniul Mase au fost declarate pe site-ul BIPM și aprobate în data de 11 octombrie 2005 un număr de nouă intervale de măsurare cuprinse între 1 mg și 1000 kg.

În cadrul tezei, a fost făcută o comparație

9000 and SR EN ISO/CEI 17025, which contain accordingly, as an essential element of quality assurance, the requirement for calibration of measurement instrument used and the traceability of measurement results to SI units.

Since the quality of services and products depends increasingly more on the credibility of measurements, the importance given to these is reflected in norms by the conditions in which the measurements must be traceable to national or international measurement standards.

A review of these concepts, and also the assessment of the actual state of research in this area, allowed formulating the conclusions to be taken and establishing the following study objectives:

- theoretical considerations regarding the dissemination of mass unit;
- practical considerations regarding the dissemination of mass unit.

In this respect, the thesis contains the theoretical substantiation and practical improvement of modern measurement methods for mass field and focuses on the elaboration of the uncertainty budgets for the most representative standards: reference and E_1 class. The methods are accompanied by algorithms specially created for directly facilitate the calculation of measurement uncertainty only through the introduction of primary data.

In the end of the PhD thesis, are presented the general conclusions, which are formulated based on elaborated studies, original elements of the PhD thesis and future directions of research in the approached field.

The work brings contributions to the analysis, the theoretical foundation of some original methods for determining the mass and focuses on the elaboration of uncertainty budgets for the most representative standards (reference and class E_1) in the measurement intervals 500 g... 1 mg, 100 g ... 10 kg (for which are intended two automatic comparators). Also, new methods for determining the mass and uncertainty calibration for measuring range (10 ... 50) kg are proposed, so that the whole field of weights from 1 mg to 50 kg class E_1 can be covered.

In terms of measurement and calibration capabilities for mass field, were declared on the BIPM website and approved on October 11, 2005 a total of nine measurement intervals from 1 mg to 1000 kg.

între valorile CMC-urilor declarate de România pe site-ul BIPM, la secțiunea Mase, de țări vecine cu România, precum și de țări cu tradiție și mari performanțe în domeniul metrologiei, fiind alese pentru această analiză institute de metrologie din 24 de țări din Europa.

Reprezentarea grafică a nivelurilor de măsurare și a incertitudinilor extinse, atât pentru țara noastră cât și pentru celelalte 24, pe domeniul în care țara noastră are CMC-urile declarate, și anume: 1 mg...1000 kg, ne ajută să vizualizăm care este poziția României, comparativ cu alte țări, privind valorile capacităților de etalonare și de măsurare (CMC) din domeniul Mase.

În urma studiului bibliografic efectuat în vederea elaborării aceste teze de doctorat s-au adus o serie de contribuții originale, dintre care cele mai importante sunt, din punct de vedere teoretic și practic următoarele:

➤ elaborarea, pentru prima dată în țară a procedurilor specifice:

PS – 00 – 2.1 – INM “Etalonarea etaloanelor de referință de 1 kg”;

PS – 14 – 2.1 – INM “Etalonarea etaloanelor de referință de (500...50) g”;

PS – 01 – 2.1 – INM “Etalonarea greutăților clasă E_1 ”,

care, alături de alte proceduri specifice au stat la baza obținerii acreditării internaționale a Laboratorului Mase:

➤ elaborarea modelului matematic pentru calculul masei și a incertitudinii de măsurare la compararea etaloanelor de referință de 1 kg cu Kilogramul Prototip Național Nr. 2;

➤ elaborarea modelului matematic pentru calculul masei și a incertitudinii de măsurare la compararea etaloanelor de referință de (500...100) g, în formă de disc cu un etalon de 1 kg;

➤ studierea și elaborarea modelului matematic pentru calculul masei și a incertitudinii de măsurare la etalonarea greutăților clasă E_1 pentru întreg domeniul de măsurare specific acestei clase de exactitate și anume 1 mg...50 kg. Pentru toate seturile de greutăți din acest interval, s-a aplicat metoda de subdivizare (reușindu-se obținerea unor sisteme ortogonale). S-a putut observa, că o matrice design folosită pentru seriile în grame poate fi folosită la fel de bine și pentru seriile în kilograme.

➤ pentru prima oară în alegerea matricei design a fost introdus criteriul de eficiență;

In the thesis, a comparison was made between the CMC's values reported by Romania on the BIPM website, in the Mass section, Romania's neighboring countries and countries with great tradition and performance in metrology, being chosen for this analysis metrology institutes from 24 countries in Europe.

The graphical representation of measurement levels and expanded uncertainties for both our country and for the other 24 in the area in which our country has declared CMC, namely: 1 mg ... 1000 kg, helps us to visualize which is the Romania's position, compared with other countries, regarding calibration and measurement capabilities (CMC) values, in the Mass field.

Following the bibliographic study performed to realize this thesis, were brought several original contributions, from which the most important are, theoretically and practically, as follows:

➤ realization, for the first time in our country, of the specific procedures:

PS - 00 - 2.1 - INM "Calibration of reference standards of 1 kg;

PS - 14 - 2.1 - INM "Calibration of reference standards from (500 ... 50)g;

PS - 01 - 2.1 - INM " Calibration of E_1 class weights",

which, among other specific procedures, were the basis for obtaining international accreditation of the Mass Laboratory:

➤ elaboration of mathematical model for calculating the mass and the measurement uncertainty, when the reference standards of 1 kg are compared with the National Kilogram Prototype number 2;

➤ elaboration of mathematical model for calculating the mass and the measurement uncertainty when comparing the reference standards from (500 ... 100) g ,disk-shaped, with 1 kg standard ;

➤ studying and developing the mathematical model for calculating the mass and the measurement uncertainty in calibration of E_1 class weights, for the entire measurement range, specific to this accuracy classes, namely, 1mg ... 50 kg. For all sets of weights in this range, the subdivision method was applied (obtaining orthogonal systems). It can be observed that, a design matrix used for the series in grams, may be used as well for the series in kilograms;

➤ for the first time, in the choice of

➤ realizarea unei noi metode de subdivizare utilizată la etalonarea greutăților clasă E₁ de (500...100) g, având forma OIML, prin intermediul etaloanelor de referință (disc) și a unui comparator automat de masă de 1 kg. Incertitudinea de măsurare obținută în acest caz pentru greutățile clasă E₁, este mai bună decât cea care se obține în mod obișnuit pentru greutățile din această clasă de exactitate, fiind la nivelul etaloanelor de referință. Astfel, metoda aplicată va conduce la îmbunătățirea CMC-urilor pe anumite intervale de măsurare;

➤ elaborarea de programe de calcul care permit evaluarea directă a masei și a incertitudinii de măsurare, doar prin introducerea datelor primare, pentru toate contribuțiile teoretice și practice prezentate.

Studiile teoretice și experimentale efectuate au demonstrat că obiectivele tezei au fost îndeplinite, iar rezultatele practice au validat metodele teoretice elaborate.

Realizarea unor normative, a unor metode de etalonare și a modelelor matematice asociate, au avut drept rezultat creșterea exactității de măsurare și îmbunătățirea incertitudinii de etalonare, toate acestea conducând la creșterea credibilității măsurărilor în domeniul Mase.

De menționat este faptul că, o mare parte dintre contribuțiile teoretice și practice efectuate în cadrul tezei, au fost deja implementate în cadrul laboratorului Mase.

design matrix was introduced the criterion of efficiency;

➤ realization of a new subdivision method to calibrate E₁ class weights from (500 ...100) g, having the OIML shape, using reference standards (disc) and an automatic mass comparator of 1 kg. The measurement uncertainty obtained in this case for class E₁ weights is better than that normally obtained for weights in this class of accuracy, being at the level of the reference standards. Thus, the applied method will lead to an improvement of CMC's on some measurement intervals.

➤ elaboration of computer programs that allow direct calculation of mass and measurement uncertainty, only by primary data input, for all practical and theoretical contributions presented.

Theoretical and experimental studies have demonstrated that the thesis objectives were met and the practical results have validated the theoretical methods elaborated.

The realization of norms, methods of calibration and associated mathematical models, led to an increased measurement accuracy and to an improved measurement calibration uncertainty, all leading to a greater credibility in Mass measurements.

It can be said that many of the theoretical and practical contributions made in the thesis have already been implemented in the Mass laboratory.

Data susținerii: 15 decembrie 2009

The supporting date: December 15, 2009