

Measurement consistency in theory and practical application

The paper presents the issue of measurement consistency. Maintaining the rules of measurement consistency is a condition to obtain the reliable results of measurements. In the first part of the article the general rules described in the standards and other documents are presented. The second part shows the practical application of the rules of measurement consistency in the Laboratory of Rail Vehicles Tests. The article is an extension of the subjects raised in the article "Metrology - basic institutions, legal standards and rules of operation."

Spójność pomiarowa w teorii i praktyce

W artykule przedstawiono zagadnienie spójności pomiarowej. Zachowanie zasad spójności pomiarowej jest warunkiem uzyskania wiarygodnych wyników pomiarów. W pierwszej części artykułu przedstawiono ogólne zasady opisane w normach i innych dokumentach. W drugiej części pokazano praktyczne zastosowanie zasad spójności pomiarowej w Laboratorium Badań Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu. Artykuł stanowi kontynuację tematyki poruszonej w artykule „Metrologia – podstawowe instytucje, normy prawne i zasady działania” [12].

1. ZASADY SPÓJNOŚCI POMIAROWEJ W ŚWIATOWYM SYSTEMIE METROLOGICZNYM

1.1. Wprowadzenie

Jednym z podstawowych zagadnień w dziedzinie pomiarów jest spójność pomiarowa. Jest to właściwość wyniku pomiaru powodująca, że wynik ten jest wiarygodny. Spójność pomiarowa jest uzyskiwana w ramach systemu zasad, ustaleń i wymagań przyjętych przez państwa oraz podmioty gospodarcze i naukowe. Stosowanie zasad spójności pomiarowej ma zapewnić, że wyniki pomiarów wykonywanych w różnych miejscach świata i w różnym czasie oznaczają to samo i mogą być między sobą porównywane.

Początki wprowadzania zasad do dziedziny pomiarów znajdują się w odległej przeszłości. Początkowo dotyczyły głównie wymiany handlowej i obejmowały sankcje za nieprzestrzeganie stosowania ustalonych, wspólnych miar wielkości. Wraz z rozwojem współpracy handlowej, przemysłowej i naukowej rosło znaczenie spójności pomiarowej. Zwiększał się również stopień złożoności tego zagadnienia i rosła konieczność działania w tym obszarze w sposób zorganizowany w ramach całego świata.

Można przyjąć, że system w obecnej postaci istnieje od podpisania w 1875 roku traktatu o nazwie Konwencja Metryczna. Polska przystąpiła do Konwencji w roku 1925. Na bazie traktatu powstała i funkcjonuje złożona struktura organizacji naukowych i usługowych, którą opisano szerzej w artykule [12].

1. THE RULES OF MEASUREMENT CONSISTENCY IN THE GLOBAL METROLOGICAL SYSTEM.

1.1. Introduction

One of the basic issues in the field of measurement is measurement consistency. This is a property of the measurement result that makes this result is reliable. Measurement consistency is obtained within a system of rules, decisions and requirements adopted by the states and the economic and scientific entities. Applying of the rules of measurement consistency is to ensure that the results of measurements carried out in the different places of the world and at different times mean the same and can be compared with each other.

The origins of introducing the rules to the field of measurements are in the distant past. At first, they mainly concerned the trade exchange and included the sanctions for failure to apply the set, common measures of size. With the development of trade, industrial and scientific cooperation the importance of measurement consistency grew. The degree of complexity of this issue also increased and the need for action in this area in an organized way within the entire world grew.

It can be assumed that the system in the present form has existed since the signing in 1875 the treaty called the Metric Convention. Poland acceded to the Convention in 1925. On the basis of the Treaty the complex structure of scientific organizations and services, which is described wider in the article[12], was established and it operates.

1.2. Określenie spójności pomiarowej

Dwa wyniki pomiarów można porównać wtedy, gdy oba są wyrażone w tej samej jednostce. Stąd na szczycie systemu znajduje się lista jednostek tworząca Międzynarodowy Układ Jednostek Miar powszechnie znany jako układ SI. Dodatkowo dwa wyniki pomiarów można sensownie porównać ze sobą wtedy, gdy obydwa wyniki są powiązane ze wspólnym, istniejącym fizycznie wzorcem jednostki, uznanym przez wszystkie zainteresowane strony. Kluczowe tutaj pojęcie powiązania oznacza, że oba wyniki pomiaru zostały porównane ze wspólnym wzorcem o uznanej, najwyższej jakości metrologicznej. Takie porównanie nie może być oczywiście wykonane bezpośrednio. Porównanie jest realizowane kilkustopniowo zgodnie z zasadami spójności pomiarowej, a jednym z jego podstawowych elementów jest dokumentowanie całego procesu. Dokumentacja ta jest argumentem na rzecz wiarygodności uzyskanych wyników.

Laboratoria badawcze i wzorcujące wykonują pomiary, których wyniki powinny być wiarygodne oraz uzyskane z niepewnością odpowiednią do dziedziny zastosowania. Wiarygodność wyników jest cechą uzyskiwaną dzięki spójności pomiarowej. Natomiast zachowanie spójności nie zapewnia, że niepewność pomiaru jest odpowiednia.

1.3. Spójność pomiarowa w dokumentach

Laboratoria uzyskują potwierdzenie swoich kompetencji w postaci akredytacji. Potwierdzone kompetencje obejmują między innymi zapewnienie, że uzyskiwane wyniki pomiarów mają cechę spójności pomiarowej. W Polsce akredytacja w omawianym obszarze jest udzielana przez Polskie Centrum Akredytacji - PCA. Bezpośrednie określenie warunków akredytacji w obszarze spójności pomiarowej znajduje się w dokumencie DA-06 [3] wydanym przez PCA. Zamieszczone tam wymagania wywodzą się z bardziej ogólnych dokumentów, które zestawiono w kolejnych podpunktach. Można dodać, że wymagania te są sformułowane raczej ogólnie i są nadal przedmiotem dyskusji oraz prac rozwojowych w zakresie normalizacji.

1.3.1. Międzynarodowy słownik metrologii - VIM

Podstawowa definicja spójności pomiarowej znajduje się w słowniku [7]. Słownik ten (obok [8]) jest jednym z dwóch podstawowych tekstów określających światowy system metrologiczny [12]. Zgodnie z definicją podaną w pkt.2.41 słownika spójność pomiarowa jest to właściwość wyniku pomiaru, przy której wynik może być związany z odniesieniem poprzez udokumentowany, nieprzerwany łańcuch wzorcowań, z których każde wnosi swój udział do niepewności pomiaru. W uwagach do definicji i w kolejnych punktach słownik precyzuje między innymi pojęcie łańcucha wzorcowań i odniesienia.

1.2. Determination of measurement consistency

Two measurement results can be compared when both are expressed in the same unit. Thus, on the top of system there is a list of units forming the International System of Units commonly known as SI. In addition, two results of measurements can be sensibly compared to each other when both results are connected with the common, existing physically standard of unit, recognized by all concerned parties. The key concept here of connection means that both results of the measurement were compared with the common standard of recognized, high metrological quality. Such a comparison obviously cannot be done directly. The comparison is carried out in several stages in accordance with the rules of measurement consistency, and one of its basic elements is documentation of the whole process. This documentation is an argument for the reliability of the obtained results.

Testing and calibration laboratories perform measurements, whose the results should be reliable and obtained with uncertainty suitable for field of using. The reliability of the results is the feature obtained through measurement consistency. Whereas maintaining the consistency does not ensure that the measurement uncertainty is appropriate.

1.3. Measurement consistency in documents

Laboratories receive the confirmation of their competence in the form of accreditation. The confirmed competencies include among other things ensuring that the obtained results of measurements have the feature of measurement consistency. Accreditation in this area in Poland is granted by the Polish Centre for Accreditation - PCA. The direct determination of the conditions of accreditation in the area of measurement consistency is given in the DA-06 document [3] issued by the PCA. The placed there requirements more come from the general documents, which are listed in the following subsections. It can be added that these requirements are formulated rather generally and are still the subject of discussions and the development works in the field of standardization.

1.3.1. International dictionary of metrology - VIM

The basic definition of measurement consistency is in the dictionary [7]. This dictionary (next to [8]) is one of two basic texts defining the global metrological system [12]. According to the definition given in subparagraph 2.41 of the dictionary, the measurement consistency is a property of the result of measurement at which the result may be related to a reference through the documented unbroken chain of calibrations, each of which brings its participation to the measurement uncertainty. In remarks to the definition and in the following paragraphs of dictionary it defines among other things the concept of chains of calibration and reference.

1.3.2. Norma PN-EN ISO/IEC 17025

Laboratoria badawcze i wzorcujące [12] pracują w oparciu o normę PN-EN ISO/IEC 17025 [1]. Norma ta zawiera w pkt.5.6. podstawowe wymagania dotyczące uzyskania spójności pomiarowej. W części ogólnej znajduje się postanowienie, że całe wyposażenie, również pomocnicze, które ma znaczący wpływ na dokładność lub miarodajność wyników pomiarów powinno być wzorcowane. W punkcie 5.6.2.1, który dotyczy laboratoriów wzorcujących, zawarto pełne wymagania związane z zachowaniem spójności pomiarowej. Spełnienie tych wymagań spowoduje poprawne umieszczenie danego wzorcowania w łańcuchu wzorcowań. W punkcie 5.6.2.2., który dotyczy laboratoriów badawczych wskazano między innymi na możliwość zastosowania wymagań łagodniejszych w sytuacji, gdy udział niepewności związanej z wzorcowaniem ma bardzo mały udział w całkowitej niepewności wyniku badania.

1.3.3. Dokumenty ILAC

Międzynarodowa organizacja ILAC (*International Laboratory Accreditation Cooperation*) zrzesza instytucje zajmujące się akredytacją (w Polsce - PCA). Jednym z aspektów działania ILAC jest publikacja dokumentów zawierających wytyczne. Dokument ILAC-P10 [9] dotyczy podstawowych zasad realizacji spójności pomiarowej, a dokument ILAC-G24 [10] ma charakter pomocniczy.

Dokument ILAC-P10 we wstępie wskazuje, że spójność pomiarowa jest niekiedy błędnie rozumiana. Błąd polega na wiązaniu spójności z określonymi instytucjami. Organizacja i zasady ich działania są istotnym elementem umożliwiającym praktyczną realizację spójności, ale jej istotą jest udokumentowany zestaw wyników wzorcowań. Zestaw ten tworzy nieprzerwany łańcuch łączący konkretny wynik pomiaru z uznanym wzorcem odniesienia o najwyższej jakości metrologicznej. W dalszej części dokument odnosi się głównie do wspomnianych wcześniej słownika VIM i normy ISO/IEC 17025 i precyzuje ogólne wymagania normy w sposób zgodny z polityką ILAC.

Dokument ILAC-G24 [4] dotyczy szczególnego aspektu spójności pomiarowej. Uzyskanie wyniku pomiaru mającego cechę spójności pomiarowej wymaga zastosowania układu pomiarowego posiadającego potwierdzone, udokumentowane właściwości. Jednak istnienie takiego potwierdzenia nie jest stanem trwałym i musi być okresowo powtarzane. Dokument zawiera wytyczne dla wyznaczania odstępów czasu między wzorcowaniami.

1.3.4. Dokument DA-06 PCA

Dokument DA-06 [3] powołując się między innymi na wspomniane wcześniej dokumenty ILAC ujmuje spójność pomiarową z dwóch punktów widzenia. W pkt.3 wymienia cechy spójności pomiarowej, a w pkt.4 formułuje praktyczne wymagania konieczne dla jej zapewnienia.

1.3.2. PN-EN ISO/IEC 17025 standard

Testing and calibration laboratories [12] work on the basis of PN-EN ISO/IEC 17025 [1]. This standard contains in subparagraph 5.6. the basic requirements concerning the obtaining measurement consistency. In the general part there is the provision that all equipment, including auxiliary, which has a significant effect on the accuracy or reliability of measurement results should be calibrated. In subparagraph 5.6.2.1, which concerns calibration laboratories, the full requirements connected with maintaining measurement consistency are contained. Fulfillment of these requirements will result in the correct placing of the calibration in the calibration chain. In subparagraph 5.6.2.2., which concerns the testing laboratories, it is indicated, inter alia, the possibility of using the less severe requirements in the situation, where the part of the uncertainty connected with the calibration has a very small part of the total uncertainty of the test result.

1.3.3. ILAC documents

The international organization ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) associates the institutions involved in accreditation (in Poland - PCA). One of the aspects of the ILAC activity is the publication of documents containing the guidelines. The ILAC-P10 document [9] applies to the basic rules of implementation of measurement consistency, and the ILAC-G24 document [10] is supporting.

In the introduction the ILAC-P10 document [9] indicates that the measurement consistency is sometimes misunderstood. The fault consists in binding of consistency with the specific institutions. The organization and its activities are an essential element enabling the practical implementation of consistency but its essence is a documented set of calibration results. This set creates an unbroken chain linking a specific measurement result with a recognized reference standard of the highest metrological quality. In the further the document refers mainly to the mentioned earlier VIM dictionary and ISO/IEC 17025 and specifies the general requirements of standard in a way in accordance with the ILAC policy.

The ILAC-G24 document [4] refers to a particular aspect of measurement consistency. Obtaining the measurement result having the feature of measurement consistency requires a measurement system having the confirmed, documented properties. However, the existence of such a confirmation is not a permanent condition and it must be repeated periodically. The document contains the guidelines for determining the intervals between calibrations.

1.3.4. DA-06 PCA document

DA-06 document [3], citing among other things the earlier mentioned ILAC documents, presents the measurement consistency from two points of view. In

Cechy wymienione w pkt.3 obejmują pozycje wymienione poniżej:

- a) Nieprzerwany łańcuch porównań do międzynarodowego lub państwowego wzorca pomiarowego. Wynik pomiaru w kilkustopniowym procesie jest porównany z wzorcem danej wielkości.
- b) Udokumentowana niepewność pomiaru. Niepewność pomiaru na każdym stopniu łańcucha wzorcowań musi być oszacowana według uznanych metod i udokumentowana tak, żeby umożliwić oszacowanie końcowej, sumarycznej niepewności pomiaru.
- c) Udokumentowana procedura pomiarowa. Wzorcowanie na każdym stopniu musi być przeprowadzane według uznanych metod ujętych w postaci udokumentowanych procedur.
- d) Kompetencje personelu. Laboratoria i personel muszą posiadać dowody kompetencji, takim dowodem może być akredytacja.
- e) Odniesienie do jednostek miary układu SI. Łańcuch wzorcowań powinien kończyć się na wzorcu wielkości wyrażonej w jednostce układu SI.
- f) Odstępy czasu między wzorcownikami. Wzorcowania muszą być powtarzane w odpowiednich odstępach czasu.

W pkt.4 dokument DA-06 ujmuje spójność pomiarową w postaci wymagań, których spełnienie jest warunkiem akredytacji laboratorium.

Podstawowym wymaganiem jest poprawny wybór instytucji, w których wzorcowane jest wyposażenie pomiarowe. W Polsce, w pierwszym rzędzie taką instytucją jest Główny Urząd Miar pełniący rolę Krajowej Instytucji Metrologicznej (NMI [12]) oraz laboratoria wzorcujące akredytowane przez PCA. Taki sam status mają usługi wzorcowania wykonywane poza Polską przez laboratoria akredytowane przez jednostkę akredytującą, która jest sygnatariuszem porozumienia EA MLA lub ILAC MRA [12]. Wybrane laboratorium musi również spełniać wymagania związane ze wzorcowanym urządzeniem i obszarem jego zastosowania. Zakres wartości realizowanych wzorcowań musi odpowiadać zakresowi zastosowania urządzenia, a zdolność pomiarowa laboratorium oznaczana skrótem CMC (*Calibration and Measurement Capability*) musi odpowiadać oczekiwanej niepewności pomiarów.

Prowadzenie wzorcowań z wykorzystaniem usług powyższych instytucji gwarantuje zachowanie spójności w aspekcie łańcucha wzorcowań. Jednak jak podkreśla we wstępie dokument [9] (ILAC P-10) spójność pomiarowa nie dotyczy określonej organizacji, tylko powiązania wartości odniesienia i wyniku pomiaru.

Dokument DA-06 [3] omawia dalej sytuację, gdy powyższe wymagania są niemożliwe do spełnienia. Zachowanie spójności pomiarowej jest nadal możliwe jednak wymaga zgromadzenia dodatkowych dowodów zachowania spójności lub dokonania jednoznacznie opisanych ustaleń między wszystkimi stronami zainte-

paragraph 3 it lists the characteristics of measurement consistency, and in paragraph 4 formulates the practical requirements necessary to ensure it.

The features listed in paragraph 3 include the items listed below:

- a) Unbroken chain of comparisons to the international or state standard of measurement. The measurement result in a several stage process is compared with the standard of given size.
- b) Documented measurement uncertainty. The measurement uncertainty at each stage of the chain of calibrations must be estimated according to the established methods and documented so as to allow to estimate a final, total measurement uncertainty.
- c) Documented measurement uncertainty. The calibration at each stage must be carried out according to established methods mentioned in the form of documented procedures.
- d) Competences of personnel. The laboratories and staff must have evidence of competence, the accreditation may be such an evidence.
- e) The reference to measurement units of SI system. The chain of calibrations should end up on the standard of size expressed in SI unit.
- f) Time intervals between calibrations. The calibrations must be repeated at the appropriate time intervals.

In paragraph 4 the DA-06 document mentions the measurement consistency in the form of requirements whose fulfillment is the condition of laboratory accreditation.

The basic requirement is the correct choice of the institutions, where the measuring equipment is calibrated. In Poland, in the first place such an institution is the Central Office of Measures acting as the National Metrological Institutions (NMI [12]) and calibration laboratories accredited by PCA. The calibration services performed outside Poland by the laboratories accredited by an accreditation body have the same status. It is a signatory to the agreement of EA MLA or ILAC MRA [12]. The selected laboratory must also meet the requirements connected with the calibrated device and the area of its application. The range of values of realized standards must correspond to the scope of the device using, and the measuring capability of the laboratory abbreviated to CMC (*Calibration and Measurement Capability*) must correspond to the expected measurement uncertainty.

Carrying out the calibrations using the services of these institutions guarantees maintaining the consistency in the aspect of the chain of calibrations. However, as it is emphasized in the introduction of the document [9] (ILAC P-10) the measurement consistency does not concern a specific organization but only connection of the reference value and the measurement result.

resowanymi wynikami pomiarów. Dokument dopuszcza również sytuacje, gdy wzorcowanie nie może być wykonane w jednostkach SI. Należy wtedy podjąć dodatkowe czynności jednoznacznie opisane i uzasadnione.

Sprecyzowane są też warunki dla wzorcowań wewnętrznych. Są to wzorcowania wykonywane w ramach akredytowanych laboratoriów badawczych na własne potrzeby (np. w laboratorium IPS TABOR). Same wzorcowania wewnętrzne nie wymagają akredytacji, a realizowane są przy użyciu własnych wzorców odniesienia. Podstawą zachowania spójności pomiarowej jest wzorcowanie własnych wzorców zgodnie z zasadami przedstawionymi wyżej. Dodatkowo spełnione muszą być wymagania dotyczące dokumentowania procedur i przebiegu wzorcowania, kompetencji personelu i sposobu szacowania niepewności.

1.3.5. Inne dokumenty

Powyższe zestawienie dotyczy dokumentów i ustaleń koniecznych dla spełnienia podstawowego dla pomiarów wymagania spójności pomiarowej. Wewnętrzna złożoność tego zagadnienia jest zarysowana w postaci listy cech spójności pomiarowej przedstawionej w pkt.1.3.4 [3]. Jedną z tych cech jest właściwa procedura pomiarowa. Tworzenie i stosowanie takich procedur może być wsparte normą PN-EN ISO 10012 [2], która w pkt.7 zajmuje się potwierdzeniem metrologicznym i realizacją procesów pomiarowych.

Inną cechą spójności jest szacowanie i dokumentowanie niepewności pomiarowej. Podstawowym dokumentem w tym zakresie, dotyczącym wszystkich rodzajów pomiarów jest przewodnik [8]. Przy pomiarach wykonywanych w ramach wzorcowania właściwy jest dokument EA-4/02 [6].

Szeroko rozpowszechnione systemy jakości oparte o normy z grupy PN-EN ISO 9000 [11] również zobowiązują do zachowania zasad spójności pomiarowej. Odpowiednie wymagania są zawarte w powyższej normie, w pkt.7.6, który określa sposoby nadzoru nad wyposażeniem pomiarowym.

2. ZASTOSOWANIE ZASAD SPÓJNOŚCI POMIAROWEJ W PRAKTYCE POMIAROWEJ

2.1. Realizacja zasad spójności pomiarowej

Podstawowym dokumentem, zgodnie z którym funkcjonuje Laboratorium Badań Pojazdów Szynowych TABOR, jest norma PN-EN ISO-IEC 17025:2005+Ap1:2007 [1], natomiast zasady spójności pomiarowej wyposażenia pomiarowego prowadzone są w oparciu o wymagania polityki Polskiego Centrum Akredytacji [3] poprzez wzorcowanie przyrządów z wykorzystaniem wzorców wyższego rzędu tak, aby została zachowana spójność do wzorca państwowego i światowego. Wzorce są identyfikowane, a wyniki wzorcowania udokumentowane. Zapisy i dokumenty dotyczące spójności pomiarowej są na bieżąco przeglądane (nie rzadziej niż raz w roku).

DA-06 [3] document discusses the following situations, when the above requirements are impossible to meet. Maintaining the measurement consistency is still possible, however, it requires gathering the additional evidences of maintaining the consistency or making clearly the described arrangements between all parties interested in measurement results. The document also allows for situations where the calibration cannot be done in SI units. Then it should be taken the additional actions clearly described and justified.

The conditions for internal calibrations are also specified. These are calibrations performed within the accredited testing laboratories for their own needs (e.g. in the laboratory of IPS). The only internal calibrations do not require the accreditation, and they are realized using their own standards of reference. The basis for maintaining the measurement consistency is the calibration of their standards according to the rules presented above. In addition, it must be met the requirements for documenting the procedures and the course of calibration, the staff competence and the method of uncertainty estimation.

1.3.5. Other documents

The above list concerns the documents and arrangements necessary for the fulfillment of the basic requirement for the measurement consistency. The internal complexity of this issue is sketched in a list of measurement consistency features presented in subparagraph 1.3.4 [3]. One of these features is the correct measurement procedure. Creation and use of such procedures may be supported by the PN-EN ISO 10012 [2], which in paragraph 7 deals with the metrological confirmation and realization of measurement processes.

Another feature of consistency is estimation and documenting of the measurement uncertainty. The basic document in this range concerning all types of measurements is a guide [8]. For measurements carried out within the calibration the document EA-4/02 [6] is correct.

The widespread quality systems based on standards from a group of PN-EN ISO 9000 [11] are also applied to maintain the rules of measurement consistency. The relevant requirements are included in the above standard, in subparagraph 7.6, which determines the ways of supervision the measuring equipment.

2. APPLICATION OF THE RULES OF MEASUREMENT CONSISTENCY IN THE MEASURING PRACTICE OF LABORATORY OF RAIL VEHICLES TESTS AT THE RAIL VEHICLES INSTITUTE „TABOR”

2.1. Realization of the rules of measurement consistency

The main document, according to which the Laboratory of Rail Vehicles Tests operates, is PN-EN ISO-IEC 17025: 2005 + Ap1: 2007 [1], but the rules of

2.2. Zasady spójności pomiarowej stosowane w praktyce

W celu zapewnienia spójności pomiarowej w Laboratorium Badań Pojazdów Szynowych stosuje się takie czynności metrologiczne jak wzorcowanie zewnętrzne, wzorcowanie wewnętrzne, sprawdzenie z wykorzystaniem własnych wzorców oraz przegląd techniczny.

Celem **wzorcowania** jest określenie kondycji metrologicznej wzorcowanego przyrządu, określającej jego przydatność do wykonywania pomiarów, w tym również do przekazywania jednostki miary lub poświadczenia, że wzorcowany przyrząd spełnia określone wymagania metrologiczne, przy czym wynik wzorcowania poświadczony jest w świadectwie wzorcowania. Podczas wzorcowania musi być zachowana spójność pomiarowa, czyli nieprzerwany ciąg odniesień do wzorca krajowego lub międzynarodowego.

Aparatura pomiarowa używana do badań wzorcowana jest z wykorzystaniem własnych wzorców przez przeszkolonych pracowników Laboratorium. Dokumentem, który powstaje na podstawie wzorcowań jest protokół wzorcowania zawierający identyfikację wzorca, wyniki wzorcowania oraz niepewność rozszerzoną wzorcowania. Powyższe czynności wykonuje Pracownia Pomiarowo-Techniczna Laboratorium zgodnie z odpowiednią procedurą, harmonogramem i wykazem czasokresów wzorcowań.

Laboratorium Badań Pojazdów Szynowych posiada procedury metrologiczne, które umożliwiają wzorcowanie następujących przyrządów pomiarowych:

- mierników elektrycznych
- mierników ciśnienia
- mierników temperatury
- przyrządów do pomiaru długość i kąta
- aparatury do pomiaru czasu
- mierników do pomiaru drogi i wyznaczania średnicy koła pojazdu szynowego
- siłomierzy.

W przypadku braku możliwości wykonania wzorcowania aparatury pomiarowej szukany jest zewnętrzny wykonawca akredytowany w PCA. Laboratorium prowadzi rejestr kwalifikowanych dostawców usług i na bieżąco monitoruje ich oferty.

W przypadku korzystania z takiego wzorcowania przyrząd po powrocie sprawdzany jest funkcjonalnie, a ponadto dokonuje się oceny jego wyników zawartych w świadectwach (poprzednim i aktualnym) i sporządza odpowiedni zapis. Zapisy wykonywane są w rejestrze w taki sposób, aby możliwe było śledzenie kierunku zmian.

Jeżeli wzorcowanie nie jest możliwe, to nadzór metrologiczny nad wyposażeniem zapewnia się poprzez **sprawdzenie** z użyciem innego wzorcowanego przyrządu. Polega ono na porównaniu wskazań miernika, który sprawdzany jest z miernikiem wcześniej wzorcowanym. Częstość sprawdzeń ustala Laboratorium wg harmonogramu i wykazu okresów ważności.

measurement consistency of measuring equipment are carried out based on the requirement policy of Polish Centre for Accreditation [3] through the calibration of the devices with using the standards of higher order, so that it should be maintained the consistency to a national and world standard. The standards are identified, and calibration results are documented. The records and documents concerning the measurement consistency are regularly reviewed (at least once a year).

2.2. The rules of measurement consistency using in practice

In order to ensure the measurement consistency in the Laboratory of Rail Vehicles Tests it is used the metrological activities such as the external calibration, the internal calibration, checking with using own standards and the technical inspection.

The purpose of **calibration** is to determine the metrological condition of calibrated instrument, determining its usefulness for carrying out the measurements, including the transfer of measure unit or certificate that the calibrated instrument meets the defined metrological requirements, in addition the result of the calibration is certified in the calibration certificate. During the calibration the measurement consistency must be maintained, that is a continuous string of references to national or international standard.

Measuring equipment used for calibration tests is with using their own standards by the trained laboratory staff. The document, which is created on the basis of calibrations, is calibration protocol containing the calibration identification, the calibration results and the expanded uncertainty of calibration. These actions are carried out by the Measurement and Technical Room of Laboratory in accordance with the relevant procedure, schedule and list of periods of time of calibration.

Laboratory of Rail Vehicles Tests has the metrological procedures, which enable the calibration of the following measuring instruments:

- electric meters,
- pressure meters,
- temperature meters,
- devices for measuring the length and angle,
- apparatus for measuring the time,
- meters for measuring the distance and determining the diameter of the rail vehicle
- wheels,
- dynamometers.

In case of inability to perform the calibration of measuring equipment it is searched the outside contractor accredited in PCA. The laboratory keeps a register of qualified service providers and monitors their offers systematically.

In case of using this calibration the instrument is checked functionally after its return, and in addition it is made an assessment of its results contained in the

Ponadto w Laboratorium wykonywane są **przeglądy techniczne** dotyczące tej części wyposażenia, która nie podlega wzorcowaniu ani sprawdzeniu, ale może mieć wpływ na jakość prowadzonych badań lub ich wyniki. W zakres wykonywanych przeglądów technicznych urządzeń, maszyn, stanowisk badawczych oraz oprzyrządowania wchodzi oględziny, sprawdzenia zużycia części i zabezpieczeń.

Zewnętrznym wizualnym potwierdzeniem nadzoru metrologicznego jest nalepka koloru zielonego (oznaczenie statusu zgodności wyposażenia) z zapisem daty wykonania wzorcowania lub sprawdzenia oraz terminem następnej czynności metrologicznej wynikającej z kartoteki w bazie przyrządów pomiarowych. Nalepkę nalepia się w oparciu o wyniki zawarte w protokołach wzorcowania lub sprawdzania.

2.3. Zagadnienia związane z gospodarką wzorcowania

Wzorce będące własnością Laboratorium przechowywane są w oddzielnym pomieszczeniu i nie są używane do badań. Ich wzorcowanie przeprowadzane jest w Urzędach Miar lub w akredytowanych laboratoriach i dokumentowane świadectwem wzorcowania. Wystawione świadectwo powinno zawierać identyfikację wzorca państwowego z zapewnieniem spójności pomiarowej, wyniki oraz niepewność wzorcowania zgodnie z wymaganiami [1].

Po powrocie wzorców do Laboratorium dokonywana jest ocena wyników zawartych w świadectwach (poprzednim i aktualnym) i sporządza się odpowiedni zapis.

Wybór laboratorium, w którym wykonujemy wzorcowanie przeprowadzany jest poprzez analizę posiadanych przez to laboratorium wzorców.

Ponadto wzorce w Laboratorium dwa razy w roku poddawane są wewnętrznej kontroli okresowej, co jest potwierdzane sporządzeniem stosownego protokołu kontroli wzorca.

2.4. Zasady utrzymania obowiązującego systemu w Laboratorium

W celu utrzymania wysokiego poziomu wykonywanych badań Laboratorium raz w roku poddawane jest audytowi wewnętrznemu, który wykonuje kompetentny audytor oraz zewnętrznemu przeprowadzanemu przez PCA. Ponadto raz na cztery lata PCA przeprowadza w Laboratorium zewnętrzny audyt akredytacyjny w czasie, którego dokonywana jest szczegółowa ocena na wszystkich poziomach akredytacji.

Każdy audyt wewnętrzny i zewnętrzny dokumentowany jest w postaci raportu z oceny Laboratorium gdzie zamieszczone są stwierdzone niezgodności i spostrzeżenia w zakresie będącym przedmiotem audytu.

W oparciu o wyniki audytu Gł. Specjalista ds. Sterowania Jakością uruchamia działania korygujące lub zapobiegawcze, które realizuje kierownik komórki, gdzie niezgodność wystąpiła.

certificates (the previous and current) and the suitable record is prepared. The records are made in the register in a such way as to be able to follow the direction of changes.

If the calibration is not possible, the metrological supervision of the equipment is provided with by **checking** with using another calibrated instrument. It is consisted in the comparison of meter readings that it is checked with the meter previously calibrated. The frequency of checks is determined by the Laboratory according to the schedule and the list of periods of validity.

Moreover, the Laboratory carries out the **technical inspections** concerning this part of equipment which is not subject to calibration or check, but it can affect the quality of carrying out tests or their results. The scope of performed technical inspections of equipment, machines, test stands and instrumentation includes the visual inspections, checking the wear of parts and security.

The external visual confirmation of metrological supervision is the green label (indication of the compliance status of equipment) with a record of date of carrying out the calibration or checking and the date of the next metrological activity resulting from the file in the database of measuring instruments. The label is stuck on the basis of the results contained in the protocols of calibration or checking.

2.3. Issues related to the calibration management

The standards being the property of Laboratory are stored in a separate room and are not used to tests. Their calibration is carried out in the Offices of Weights and Measures or in the accredited laboratories and documented with the calibration certificate. The issued certificate should include the identification of the national standard with providing measurement consistency, the results and the calibration uncertainty according to the requirements [1].

After returning of standards to the Laboratory it is carried out the assessment of the results contained in the certificates (the previous and current) and the suitable record is prepared.

The choice of a laboratory in which we perform the calibration is carried out by analyzing the standards held by this laboratory.

In addition, the standards in the laboratory are subject to periodic, internal control twice a year, which is confirmed by drawing up an appropriate control standard protocol.

2.4. Rules to maintain the applicable system in the Laboratory

In order to maintain a high level of performed tests, once a year the Laboratory is subjected to the internal audit, which performs a competent auditor and to the external one carried out by the PCA. In addition, once every four years the PCA carries out in the Laboratory

W celu spełnienia wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005+Ap1:2007 [1] pracownicy Laboratorium uczestniczą w cyklicznych szkoleniach o tematyce zgodnej z wykonywanymi przez nich zadaniami.

Pracownicy Pracowni Pomiarowo-Technicznej Laboratorium zajmujący się wzorcowaniem przechodzą cykliczne szkolenia zewnętrzne organizowane przez Główny Urząd Miar, Polskie Centrum Akredytacji lub przez inne instytucje akredytowane w PCA. Wybór instytucji organizującej szkolenie zależy od tematyki, na którą aktualnie jest zapotrzebowanie lub od tego, w jakiej tematyce wprowadzono aktualizację lub zmiany.

2.5. Procedury obowiązujące w Laboratorium

Podstawowym dokumentem na podstawie, którego opracowano obowiązujące w naszym Laboratorium procedury jest norma PN-EN ISO-IEC 17025:2005+Ap1:2007 [1].

Norma ta jest podstawą obowiązującego w Laboratorium Systemu Zarządzania opierającego się na procedurach, które można podzielić na następujące rodzaje:

- procedury ogólne **PO**
- procedury badawcze **PB**
- procedury pomiarowe **PP**
- procedury metrologiczne **PM**.

Procedury ogólne PO opisują ogólne zasady bezpiecznego postępowania, transportowania, magazynowania i planowych konserwacji wyposażenia pomiarowego Laboratorium. Procedury ponadto określają:

- nadzór nad dokumentami systemowymi
- ochrona informacji poufnych
- szkolenie personelu
- zakupy dostaw i usług
- postępowanie z próbkami
- procedura prowadzenia badań
- skargi i odwołania
- przegląd zarządzania w Laboratorium
- ochrona danych zapisanych w formie elektronicznej
- walidacja metod badawczych
- nadzorowanie badań niezgodnych z wymaganiami
- działania zapobiegawcze i doskonalące.

Procedury badawcze PB określają zakres badań zgłoszonych przez Laboratorium do akredytacji w Polskim Centrum Akredytacji. Laboratorium stosuje typowe metody badawcze, wymagane przez normy EN, ISO, PN oraz karty UIC. Metody te są uznawane, sprawdzone i powszechnie stosowane podczas badań pojazdów szynowych.

Laboratorium może wykonywać badania na życzenie klienta, wg metod nietypowych pod warunkiem, że proponowane metody będą wcześniej poddane walidacji z wynikiem pozytywnym.

Procedury pomiarowe PP są procedurami o znaczeniu podrzędnym w stosunku do badawczych. Opisują one szczegóły techniczne i wykonawcze dotyczące

the external accreditation audit during which it is carried out a detailed assessment on all levels of accreditation.

Each internal and external audit is documented in the form of an assessment report of Laboratory where the found incompatibilities and observations in the range being the subject of audit are placed.

Based on the results of the audit the Head Specialist of Quality Control initiates the corrective or preventive activities which are realized by the manager of department, where the incompatibility occurred.

In order to meet the requirements of the PN-EN ISO/IEC 17025; 2005+Ap1:2007 [1] the employees of Laboratory participate in the periodic trainings in subject in conformity with the tasks carried out by them.

The employees of the Laboratory of Measurement and Technical Room of Laboratory dealing with the calibration are subjected to the regular external trainings organized by the Central Office of Weights and Measures, Polish Centre for Accreditation or by other institutions accredited in PCA. The choice of the institution organizing the training depends on the subject, for which is currently demand or in which subject an updating or changes are introduced.

2.5. Procedures applicable in Laboratory

The basic document, on the basis of which the applicable procedures in our laboratory were developed, is PN-EN ISO-IEC 17025:2005+Ap1:2007 standard [1]. Based on the above mentioned standard in the Laboratory it is applied the Management System based on procedures which can be divided into the following types:

- general procedures **PO**
- testing procedures **PB**
- measuring procedures **PP**
- metrological procedures **PM**.

General procedures PO - describe the general rules of safe conducting, transporting, storing and the planned maintenance of measuring equipment of the Laboratory. Moreover, the procedures define:

- supervision of system documents,
- protection of confidential information,
- staff training,
- purchases of supplies and services,
- activities concerning the specimens,
- procedure of test conducting,
- complaints and appeals,,
- management review in laboratory,
- protection of data saved in electronic form,
- validation of test methods,
- supervision of the tests incompatible with requirements,
- preventive and improving activities.

Testing procedures PB - define the scope of the tests submitted by the Laboratory for accreditation in the Polish Centre for Accreditation. The Laboratory uses

pomiarów wielkości fizycznych występujących w badaniach i przywołane są w procedurach badawczych.

Procedury metrologiczne PM zapewniają spójność pomiarową i ustalają powiązania własnych wzorców oraz aparatury pomiarowej, za pośrednictwem nieprzerwanego łańcucha wzorcowań z odpowiednimi wzorcami państwowymi. W procedurach tych opisany jest również sposób postępowania z własnymi wzorcami, harmonogram ich kontroli oraz terminy wzorcowań, a także kontrola kompetencji personelu wzorcującego.

3. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono zasady spójności pomiarowej i ich realizację w ramach prac pomiarowych Laboratorium Badań Pojazdów Szynowych. Wyniki realizowanych badań mogą mieć wpływ na układy pomiarowe i przyrządy stosowane w dziedzinie metrologii związanej z pojazdami szynowymi. Znaczenie tego zagadnienia rośnie wraz z koniecznością uzyskiwania wiarygodnych wyników badań oraz powszechnym i dynamicznym rozwojem systemów jakości funkcjonujących w Instytucie Pojazdów Szynowych „TABOR”.

LITERATURA

- [1] Norma PN-EN ISO-IEC 17025:2005+Ap1:2007. *Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.*
- [2] Norma PN-EN ISO/IEC 10012:2004. *Systemy zarządzania pomiarami. Wymagania dotyczące procesów pomiarowych i wyposażenia pomiarowego.*
- [3] DA-06. *Polityka dotycząca zapewnienia spójności pomiarowej.* PCA, Warszawa 2011
- [4] DAP-04. *Akredytacja laboratoriów wzorcujących. Wymagania szczegółowe.* PCA, Warszawa 2012
- [5] DAB-07. *Akredytacja laboratoriów badawczych. Wymagania szczegółowe.* PCA, Warszawa 2012
- [6] EA-4/02 M. *Wyznaczanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu.* Wrzesień 2013
- [7] PKN-ISO/IEC Guide 99:2010. *Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne terminy z nimi związane (VIM)*
- [8] *Wyrażanie niepewności pomiarów.* Przewodnik, GUM, Warszawa 1999.
- [9] ILAC-P10:01/2013. *Polityka ILAC dotycząca spójności pomiarowej wyników pomiarów*
- [10] ILAC-G24/2007. *Wytyczne dotyczące wyznaczania odstępów czasu między wzorcowaniami przyrządów pomiarowych.*
- [11] PN-EN ISO 9001, *Systemy zarządzania jakością – Wymagania.*
- [12] Makowski R., Frączek J.: *Metrologia – podstawowe instytucje, normy prawne i zasady działania. Pojazdy Szynowe nr 01/2015.* Wydawnictwo IPS „TABOR” Poznań.

the typical test methods required by the EN, ISO, BS standards and UIC leaflets. These methods are recognized, checked and widely used during tests of rail vehicles.

The laboratory can carry out the tests on request of the client according to untypical methods, provided that the proposed methods will be previously validated with a positive result.

Measuring procedures PP - developed as subprocedures in relation to the testing ones. They describe the technical and executive details concerning the measurements of physical quantities occurring in tests and they are referred to in testing procedures.

Metrological procedures PM - these procedures provide measurement consistency and establish connections of own standards and measuring apparatus through the unbroken chain of calibrations with the relevant national standards. In these procedures it is also described how to deal with their own standards, the schedule of their control and times of calibration, as well as the control of the competence of calibrating personnel.

3. CONCLUSION

The article presents the rules of measurement consistency and their implementation as part of the measuring works of Laboratory of Rail Vehicles Tests. The results of realizing tests can affect the measuring systems and instruments used in the field of metrology related to rail vehicles. The importance of this problem increases with the necessity of obtaining the reliable test results and widespread and rapid development of quality systems operating at the Rail Vehicles Institute "TABOR".