ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: TRANSPORT z. 54 Nr kol. 1656

Andrzej TYKA
Andrzej GÓRALCZYK
Jacek SMORCZEWSKI
Tadeusz NOCULAK

PROBLEMY METROLOGII ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH POJAZDÓW SZYNOWYCH

Streszczenie. W referacie scharakteryzowano uwarunkowania związane ze specyfiką produkcji pojazdów szynowych. Zwrócono uwagę na istotne znaczenie właściwego doboru środków pomiarowych, dla uzyskania możliwości sterowania jakością procesu produkcji oraz realizacji przyjętych procedur odbiorczych. Zaprezentowano rozwiązania sprzętowe przyrządów pomiarowych z uwzględnieniem specyfiki i zróżnicowanych uwarunkowań procesu produkcji wybranych zespołów i elementów pojazdów szynowych.

METROLOGICAL PROBLEMS OF RAIL-VEHICLE PARTS

Summary. Conditions connected with manufacturing of rail-vehicle has been characterized. Attention to, correct selection of measurement devices to get possibilities of process control has been given. Hardware solutions of measurement devices allow to the manufacturing process consideration both set and parts of rail-vehicle has been presented.

1. WSTĘP

Dążenie do zapewnienia wzrostu niezawodności oraz bezpieczeństwa eksploatacji pojazdów szynowych jest związane z podniesieniem dokładności wykonania elementów oraz montażu zespołów pojazdów w procesie produkcji. Zwiększenie dokładności elementów składowych pojazdów szynowych wymusza zawężenie tolerancji wymiarów zawartych w specyfikacji geometrycznej wyrobów, co w połączeniu ze zróżnicowaną wielkością kształtowanych w procesie produkcji elementów stwarza zapotrzebowanie na odpowiednio dostosowane oprzyrządowanie metrologiczne. Zastosowane środki pomiarowe powinny umożliwiać realizację przyjętych procedur pomiarowych ujętych w systemie jakości zakładu produkcyjnego. Oznacza to konieczność rozpoznania i udokumentowania właściwości

metrologicznych, takich jak rozdzielczość, rozróżnialność, powtarzalność oraz niepewność pomiaru stosowanych środków metrologicznych.

2. ORGANIZACYJNE I TECHNICZNE UWARUNKOWANIA PRODUKCJI POJAZDÓW SZYNOWYCH

Do najważniejszych problemów związanych ze specyfiką budowy pojazdów szynowych można zaliczyć:

- zapewnienie bezpieczeństwa eksploatacji,
- zapewnienie wysokiej trwałości,
- zapewnienie możliwie wysokiej unifikacji elementów składowych,
- obniżenie kosztów eksploatacji.

Spełnienie wymagań związanych z funkcjonowaniem oraz dopuszczeniem pojazdu szynowego do eksploatacji jest związane z technologią wykonywania poszczególnych elementów składowych oraz odpowiednią strukturą organizacyjną montażu. W zależności od potencjału zakładu produkcyjnego można rozważać następujące modele:

- realizacja projektu w pełnym zakresie (założenia techniczne, projekt, technologia, montaż, próby odbiorcze),
- częściowa realizacja produkcji podzespołów, montaż, próby odbiorcze,
- wyodrębniony montaż pojazdów z dostarczonych podzespołów.

Poszczególne elementy składowe pojazdów szynowych odznaczają się wyodrębnioną specyfiką, jednak wspólną ich cechą jest znaczny udział elementów spawanych.

Realizacja produkcji odbywa się zgodnie z wymaganiami dotyczącymi produktu (specyfikacja geometrii wyrobu i inne wymagania klienta), z uwzględnieniem uwarunkowań organizacyjnych przedsiębiorstwa (struktura przedsiębiorstwa, możliwości technologiczne, wdrożone systemy jakości). W tabeli 1 zestawiono uwarunkowania organizacyjne i prawne związane z realizacją produkcji pojazdów szynowych.

Tabela 1

Uwarunkowania organizacyjne i prawne związane z realizacją produkcji pojazdów szynowych

Uwarunkowania formalne	Uwarunkowania organizacyjne
- Unifikacja wymagań dotyczących zapewnienia jakości prac spawalniczych wg normy PN-EN 729-2. - Szczegółowe wymagania dla kolei narodowych (DB, SNCF i inne).	- Zespół procedur PN-EN-ISO 9001:2000. - Wydzielone procesy krytyczne i wspierające. - Dokumentacja konstrukcyjna (rysunki i specyfikacje). - Dokumentacja technologiczna (karty i instrukcje technologiczne, programy obrabiarek CNC, plany i harmonogramy produkcyjne, plany sprawdzania, przyrządy). - Dokumentacja jakościowa produktu.
Wymagania funkcjonalne związane ze specyfiką produktu	

W realizacji procesu technologicznego budowy pojazdu szynowego można wyróżnić szereg etapów, których ilość jest dostosowana do specyfiki realizowanego projektu. Każdy z

etapów obejmuje różne operacje technologiczne, procedury montażu oraz procedury pomiarowe i odbiorcze. W zależności od specyfiki danego etapu procesu zastosowana może być zróżnicowana organizacyjnie forma realizacji procesu kontroli (samokontrola, kontrola wraz z realizacją procedur kontrolnych). Zróżnicowanie procedur realizacji projektu wymaga więc dostosowania odpowiednich metod kontrolnych oraz środków metrologicznych.

3. CHARAKTERYSTYKA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH POJAZDÓW SZYNOWYCH

Pojazd szynowy stanowi złożony układ konstrukcyjny, w którym wyodrębnić można szereg zespołów pełniących określone funkcje. Do najważniejszych zespołów, które mają wpływ na funkcjonowanie, trwałość i bezpieczeństwo ruchu pojazdu, należą: konstrukcja nośna podwozia, ramy lub szkieletu pojazdu, pudło wagonu, zespoły jezdne zestawów kołowych toczne i napędne, zespoły układu hamulcowego, elementy zawieszenia itp. Zróżnicowanie wymienionych elementów konstrukcyjnych można rozpatrywać pod względem konstrukcyjnym, wymiarowym oraz technologicznym.

W konstrukcji pojazdów szynowych, niezależnie od szczegółów przyjętego rozwiązania, występują wykrawane, gięte i spawane elementy płytowe. W silnie obciążonych węzłach konstrukcyjnych wymagających odpowiedniego wskaźnika sztywności, lub rozłożenia nacisków jednostkowych, mogą być wspawywane również elementy staliwne, które umożliwiają przeniesienie obciążeń skupionych. Powierzchnie mające istotne znaczenie dla funkcjonowania konstrukcji oraz montażu są obrabiane mechanicznie z wymaganą dokładnością geometryczną, z uwzględnieniem odpowiednich wartości charakterystyk struktury geometrycznej powierzchni. Pozwala to na uzyskanie odpowiednio ukształtowanego, lekkiego oraz sztywnego zespołu, np. typu korpus, rama lub szkielet, charakteryzującego się dużymi gabarytami oraz wysoką dokładnością geometryczną.

W pojazdach, które zawierają wózki, napędne oraz toczne, szczególnie w tramwajach niskopodłogowych, rozwiązania konstrukcyjne wózków, są podporządkowane pełnionej przez dany element funkcji oraz koncepcji związanej z możliwością obniżenia podłogi. Zróżnicowanie konstrukcyjne wózków może być związane z:

- konstrukcją układu napędowego:
  - rodzajem i liczbą silników,
  - sposobem i miejscem mocowania napędu,
- sposobem sprzężenia kół w zestawie kołowym,
- liczbą osi w wózku,
- sposobem prowadzenia zestawu kołowego,
- sposobem odsprężynowania i tłumienia drgań,
- rozwiązaniem konstrukcyjnym układu hamulcowego.

Konstrukcja części nośnej (korpusu) wózka stanowi zespół o zróżnicowanych wymiarach oraz wielu powierzchniach obrabianych mechanicznie, posiadających dokładnie zdefiniowaną specyfikację geometrii wyrobu, która jest sprawdzana z wykorzystaniem określonych procedur pomiarowych.

4. METROLOGICZNE ASPEKTY REALIZACJI PROCEDUR SPRAWDZANIA GEOMETRII ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH POJAZDÓW SZYNOWYCH

Ze względu na specyfikę zadania pomiarowego realizację procedur sprawdzania zgodności wielkości geometrycznych elementów konstrukcyjnych zespołów pojazdów szynowych można ogólnie podzielić na pomiary:

- wymiarów elementów o dużych wymiarach (szkieletu, ramy, belek),
- wymiarów kontrolnych zmontowanych układów jezdnych wózków napędnych i tocznych,
- wymiarów geometrycznych zespołów konstrukcyjnych podwozi, ram, zestawów kołowych, belek, łączników itp.

Wspólną cechą metrologicznych uwarunkowań, związanych z procesem kontroli wymiarów elementów konstrukcyjnych zespołów pojazdów szynowych, jest dążenie do zwiększenia rozdzielczości pomiarowej, uzyskanie wysokiej powtarzalności pomiarów, określenie niepewności pomiarów. Prowadzi to do poszukiwania odpowiednich rozwiązań przyrządów kontrolno-pomiarowych o dostosowanych właściwościach metrologicznych.

Wdrożone systemy jakości wymagają, aby stosowane oprzyrządowanie pomiarowo-kontrolne posiadało udokumentowane właściwości metrologiczne i podlegało okresowemu nadzorowaniu, zgodnie z ustalonym harmonogramem. Do najważniejszych zagadnień związanych z metrologią elementów konstrukcyjnych pojazdów szynowych w procesie produkcji można zaliczyć:

a) Pomiary wielkości geometrycznych elementów składowych konstrukcji, o zróżnicowanych wymiarach, obrabianych mechanicznie (obróbka wiórowa, ścierna, nagniatanie powierzchni) zarówno w trakcie obróbki elementów oraz po ich odmocowaniu.

b) Pomiary geometrii spawanych elementów ram, korpusów, szkieletów.

c) Pomiary kontrolne i odbiorcze zmontowanych zestawów wózków pojazdów szynowych.

Problem (a) można rozwiązać stosując odpowiednio dobrane przyrządy pomiarowe wraz z odpowiednimi wzorcami nastawczymi, które również umożliwiają realizację pomiarów bez odmocowania obrabianego elementu z uchwytu obrabiarki.

Problem (b) można rozwiązać z wykorzystaniem zróżnicowanych technik pomiarowych: specjalnych przyrządów pomiarowych lub rozwiązań współrzędnościowej techniki pomiarowej (WTP). Wykorzystanie współrzędnościowych maszyn pomiarowych (WMP) o odpowiedniej wielkości umożliwia realizację większości zadań kontrolnych. Inną możliwością jest zastosowanie tachometrycznych systemów pomiarowych, lub laserowych układów śledzących. Problemy związane z wykorzystaniem przyrządów tachometrycznych są omówione w punktach 5 i 6 referatu. Ze względu na specyfikę produkcji pojazdów szynowych nakłady na zakup, instalację, obsługę serwisową i okresowe nadzorowanie WMP, zdaniem autorów, wymaga wnikliwej analizy ekonomicznej.

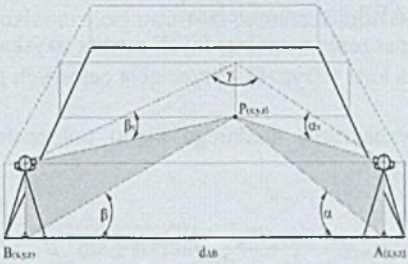
Problem sprawdzania zgodności wymiarów ze specyfikacją odbiorczą kompletnych wózków pojazdów szynowych zarówno napędnych, jak i tocznych (c) można rozwiązać również z wykorzystaniem kosztownych maszyn współrzędnościowych lub z wykorzystaniem specjalnych układów kontrolno-pomiarowych. Wymaga to rozwiązania szeregu specjalistycznych zagadnień wchodzących w zakres metrologii, optyki, mechaniki precyzyjnej i informatyki. Problemy związane z kontrolą geometrii zestawów kołowych wózków pojazdów szynowych są przedstawione w punkcie 7 referatu.

5. PROBLEMY ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW OPTYCZNYCH DO REALIZACJI PROCEDUR KONTROLNYCH ELEMENTÓW POJAZDÓW SZYNOWYCH

Zastosowanie geodezyjnego wcięcia przestrzennego do pomiarów wymiarów geometrycznych dużych elementów maszynowych w niektórych przypadkach pozwala na zastąpienie drogich i wrażliwych na warunki hali przemysłowej współrzędnościowych maszyn pomiarowych (WMP).

Rozpowszechnienie geodezyjnych przyrządów pomiarowych z przetwarzaniem cyfrowym o wysokiej dokładności umożliwia ich wykorzystanie do pomiarów oraz kontroli wymiarów geometrycznych elementów konstrukcyjnych pojazdów szynowych. Cyfrowe tachometryczne systemy pomiarowe, a także zrobotyzowane układy śledzące (Laser Tracker) umożliwiają określenie położenia punktów w kartezjańskim układzie odniesienia, na podstawie danych pomiarowych transmitowanych do systemu komputerowego, gdzie następuje ich przetwarzanie i analiza.

Do określenia współrzędnych namierzanego punktu wykorzystuje się wartości kątowe odczytane z kręgów podziałowych poziomych i pionowych, każdego z zastosowanych teodolitów. Na rys. 1 przedstawiono ogólny schemat wykorzystania geodezyjnego wcięcia przestrzennego w przód.



Rys. 1. Schemat wykorzystania geodezyjnego wcięcia przestrzennego w przód
Fig. 1. Scheme of utilization of forward incision

Wyznaczenie współrzędnych wcinanego punktu w nowoczesnych systemach wykorzystujących instrumenty geodezyjne, ze wskazaniem cyfrowym oraz wyjściem danych pomiarowych, jest realizowane z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania komputerowego. Na rys. 2 przedstawiono widok zestawu cyfrowych przyrządów geodezyjnych firmy Leica, ustawionych w hali pomiarowej z przeznaczeniem do kontroli wymiarowej elementów maszynowych o dużych wymiarach.

Rys. 2. Widok zestawu cyfrowych przyrządów firmy Leica serii 5000 ustawionych w hali pomiarowej
Fig. 2. View of the set of digital devices Leica 5000

Ustawienie przyrządów względem mierzonego obiektu powinno uwzględniać wymagania związane z ogólną dostępnością osi celowych teodolitów do namierzanych punktów obiektu, które są reprezentowane przez ustawione w odpowiednich miejscach znaki celownicze. Od konfiguracji geometrycznej układu wykorzystującego wcięcie przestrzenne uzależniona jest dokładność pomiarowa wyznaczenia współrzędnych namierzanego punktu [2], [3].

Do oceny dokładności wcięcia, dla uwarunkowań geometrycznych układu płaskiego, można wykorzystać metodę analityczno-graficzną lub metodę analityczną [2]. W metodzie analityczno-graficznej jest rozważana tzw. figura błędów, która powstaje z przecięcia się dwóch wykreślonych z punktów bazowych A i B tzw. wstęg wahań [3]. Wstęga wahań stanowi miejsce geometryczne możliwych położeń szukanego punktu P. Na podstawie [2] związek pomiędzy szerokością wstęgi wahań e_α a błędem wyznaczenia kąta wcinającego m_α w mierze łukowej wynosi:

$$m_\alpha = \frac{e_\alpha}{d_{AB}}, \tag{1}$$

gdzie: m_α - błąd wyznaczenia kąta, e_α - szerokość wstęgi wahań, d_{AB} – długość bazy.

Najwyższą dokładność wyznaczenia punktu P można osiągnąć przy spełnieniu dwóch uwarunkowań:

- pole figury błędów przyjmuje najmniejszą wartość,
- powierzchnia trójkąta ABP jest najmniejsza.

Najmniejszy błąd wyznaczenia współrzędnych można uzyskać dla konfiguracji wcięcia w przód, która występuje dla kąta γ (rys. 1) - przecięcia celowych punktu P równego 109,47° [2].

Analityczna metoda wyznaczania średniego błędu położenia punktu P prowadzi do zależności [2]:

$$m_P = \frac{d_{AB} \cdot m_\alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)} \sqrt{\sin^2\alpha + \sin^2\beta}, \tag{2}$$

Analiza błędów wyznaczenia współrzędnych punktu P umożliwia optymalne projektowanie układu pomiarowego z wykorzystaniem geometrycznego wcięcia w przód. Do najważniejszych zaleceń, związanych z zaplanowaniem przestrzeni pomiarowej wcięcia w przód, należą:

- Dokładność wyznaczenia położenia punktu wcinanego P zależy od dokładności pomiarów kątów oraz długości bazy pomiarowej (rozstawienia teodolitów).
- Najkorzystniejsza konfiguracja układu związana z rozmieszczeniem punktów bazowych A i B względem punktu wcinanego P dotyczy postulatu jednakowych długości celowych wcinających, dotrzymanie zakresu kąta wcięcia γ w przedziale 45°÷135° (γ_{opt}=109°28').
- Zmiana stosunku długości celowych wcinających nie powinna przekraczać wartości 2:1, gdyż może to wpłynąć w większym stopniu na pogorszenie błędu wyznaczenia współrzędnych punktu P aniżeli niedotrzymanie optymalnego zakresu kąta γ.

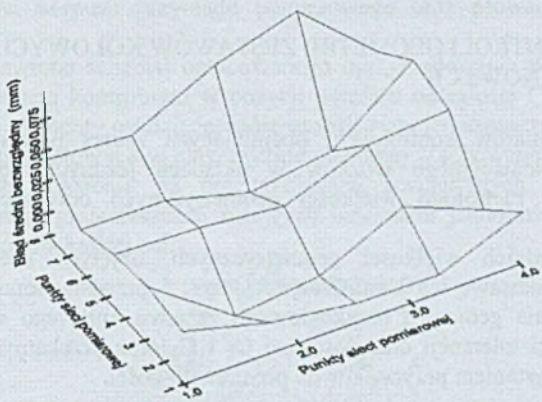
W przypadku pomiaru obiektów technicznych o znacznych gabarytach konfiguracja układu teodolitów względem poszczególnych punktów mierzonego obiektu może znacząco odbiegać od przedstawionych zaleceń związanych z minimalizacją błędów pomiaru, wyznaczonych dla pojedynczego punktu wcięcia. Konieczne jest, oprócz rozważań teoretycznych, również eksperymentalne przebadanie i rozpoznanie zakresu błędów pomiaru w przestrzeni pomiarowej objętej typowym rozmieszczeniem stosowanych przyrządów geodezyjnych.

6. BADANIE BŁĘDÓW WYZNACZENIA DŁUGOŚCI Z WYKORZYSTANIEM GEODEZYJNEGO WCIĘCIA PRZESTRZENNEGO

W celu umożliwienia rozpoznania zmian dokładności określenia odległości pomiarowej znaków bazy wzorca, ustawionego w różnych położeniach w obszarze hali pomiarowej, wykorzystano skomputeryzowany geodezyjny system do pomiarów przemysłowych firmy Leica, w skład którego wchodzi Tachometr TDM 5005 oraz Teodolit TM 5100A. Ustalono długość bazy pomiarowej d_{AB}=5000 mm. Określono położenie węzłów dwupoziomowej sieci pomiarowej, w których kolejno ustawiano wzorzec na statywie.

W badaniach wykorzystano firmowy wzorzec odległości punktów pomiarowych Leica L_W=899,927 mm, który widoczny jest na rys. 2. Po dokonaniu nacelowań, każdym z instrumentów geodezyjnych na obydwa znaki wzorca długości, obliczano odległość pomiędzy punktami celowniczymi w każdym z węzłów sieci pomiarowej. Pomiary wykonano z powtórzeniami dla różnych ustawień wzorca: poziomych, pionowych, nachylonych pod kątem 45° dla dwóch wysokości sieci pomiarowej 770 mm i 1600 mm nad poziomem zerowym hali pomiarowej.

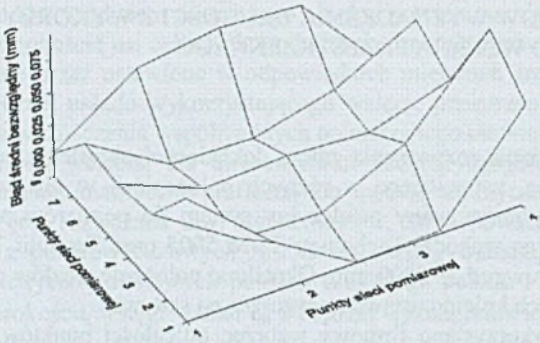
Obliczone wartości bezwzględnego błędu pomiaru odległości punktów celowniczych wzorca, uśrednione dla jego zróżnicowanych ustawień w poszczególnych węzłach sieci pomiarowej, dla dolnego poziomu sieci ustawień przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Wizualizacja rozkładu średnich błędów bezwzględnych w przestrzeni pomiarowej dla siatki ustawień na wysokości h=770 mm

Fig. 3. Visualization of distribution of absolute mean errors in measure space for grid on altitude h=770 mm

Na rys. 4 przedstawiono rozkład błędów dla wyznaczeń odległości pomiarowej wzorca umieszczonego w wybranych węzłach sieci pomiarowej umieszczonej w płaszczyźnie na wysokości osi optycznych teodolitów.



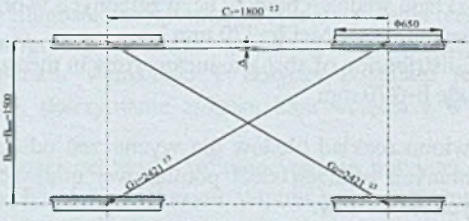
Rys. 4. Wizualizacja rozkładu średnich błędów bezwzględnych w przestrzeni pomiarowej dla siatki ustawień na wysokości h=1600 mm
Fig. 4. Visualization of distribution of absolute mean errors in measure space for grid on altitude h=1600 mm

Przeprowadzone badania umożliwiły rozpoznanie rozkładu błędów w przestrzeni pomiarowej, co pozwala na optymalną lokalizację mierzonego obiektu. Na podstawie wielokrotnych powtórzeń pomiarowych stwierdzono istotny wpływ warunków oświetlenia oraz czynnika ludzkiego związanego z operatorem.

7. PROBLEMY KONTROLI GEOMETRII ZESTAWÓW KOŁOWYCH WÓZKÓW POJAZDÓW SZYNOWYCH

Zagadnienie pomiarów kontrolnych, obejmujących zakres procedury odbiorczej lub nadzorowania eksploatacyjnego wózków w układach jezdnych pojazdów szynowych, wchodzi w zakres metrologii wielkości geometrycznych dotyczącej pomiaru dużych wymiarów.

Pomiar odpowiednich wielkości geometrycznych, objętych specyfikacją odbiorczą wózków, stanowi podstawę ich kwalifikacji. Na rys. 5 przedstawiono ogólny widok oraz sposób wymiarowania geometrii przykładowego zestawu kołowego wózka. Określone w specyfikacji wartości tolerancji odległości osi C_1 i C_2 oraz przekątnych G_1, G_2 podlegają pomiarom z wykorzystaniem przyrządów do pomiaru długości.



Rys. 5. Główne wymiary związane ze specyfikacją geometrii wózka
Fig. 5. Main dimension of geometrical specification of wheel set

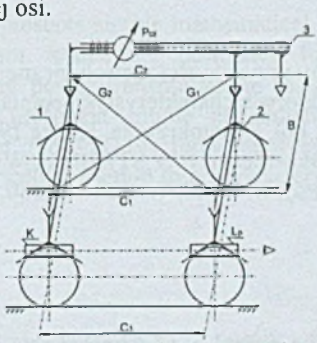
Pomiar zmontowanych układów jezdnych wózków ma na celu stwierdzenie:
- zgodności lub odchyleń równoległego ustawienia osi obydwóch zestawów kołowych wózka,
- zgodności lub odchyleń związanych z nieśladowością kół w kierunku poprzecznym.

Pełna procedura odbiorcza dotycząca geometrii wózka obejmuje również pomiary kontrolne rozstawu obręczy kół, oraz pomiary symetrii elementów przenoszących zasadnicze obciążenia związane z połączeniem wózka w pojeździe. W dotychczas stosowanych rozwiązaniach metrologicznych dotyczących pomiaru odbiorczego geometrii wózków, w których stosowane są metalowo-gumowe elementy resorujące, wykorzystuje się najczęściej proste przyrządy pomiarowe. Pomiar wielkości liniowych jest wykonywany przy zastosowaniu liniału kreskowego lub zwijanej taśmy pomiarowej, posiadającej wartość działki elementarnej We= 1 mm. Dodatkowo czynnikami komplikującymi zadanie pomiarowe są:

- brak punktów pomiarowych pokrywających się z bazami,
- nierównoległość powierzchni odniesienia obręczy kół,
- zróżnicowane wartości rzeczywistych średnic kół.

W celu uzyskania większej precyzji pomiaru kontrolowanych wielkości geometrycznych wózków zastosowano własne rozwiązanie oprzyrządowania pomiarowego, zawierające optyczny układ kolimatora i lunety pomiarowej oraz zaprojektowany nowy specjalizowany przyrząd do pomiaru wielkości geometrycznych C_1, C_2 oraz G_1, G_2 z rozdzielczością pomiarową We=0,001 mm., dla którego zaprojektowano i wykonano specjalny wzorzec nastawczy. Ze względu na konieczność pomiaru odchyłek wartości wymiarów G i C zastosowany przyrząd posiada równocześnie nastawione dwie wartości wzorcowe długości. W konstrukcji przyrządu czujnikowego zminimalizowano błędy wskazań poprzez odpowiednie ukształtowanie końcówek pomiarowych, zapewnienie wysokich wartości wskaźnika sztywności korpusu przyrządu pomiarowego oraz prowadnic jego zespołów ruchomych.

Na rys. 6 przedstawiono schemat opracowanego oprzyrządowania pomiarowego wraz z usytuowanym przyrządem kontrolnym w pozycji pomiaru odległości C_2. Oprzyrządowanie posiada odpowiednie elementy ustalające, które umożliwiają jednoznaczne przejęcie położeń kątowych osi zestawów kołowych w płaszczyźnie poziomej. Zachowane są również warunki samonastawności ich położenia na powierzchniach zewnętrznych obręczy kół, przy równoczesnym ustaleniu przemieszczeń osiowych względem jednoimiennych powierzchni czołowych obręczy kół dla każdej osi.



Rys. 6. Schemat układu pomiarowego z przyrządem do pomiaru odchyłek wielkości liniowych C i G; 1, 2 - mostek, K- kolimator, L_p - luneta, 3 - czujnikowy przyrząd pomiarowy

Fig. 6. Scheme of measurement set to measure deviations of linear quantities C, G; 1, 2- bridge, K- collimator, L_p- telescope, 3- measurement device

Zastosowany układ optyczny kolimator-luneta pomiarowa umożliwia uzyskanie jednoznaczności wzajemnego położenia początkowego obydwóch mostków, jak również kontrolnego pomiaru odchyłki kąta pomiędzy osiami zestawów mierzonych w płaszczyźnie

poziomej. Opisany system pomiarowy pozwala na zwiększenie rozdzielczości pomiarowej, skrócenie czasu pomiaru oraz zmniejszenie wpływu czynnika ludzkiego.

8. PODSUMOWANIE

Zapewnienie wysokiej jakości produkowanych elementów i zespołów konstrukcyjnych pojazdów jest uwarunkowane możliwością dotrzymania i kontrolowania odpowiednich wartości ich wymiarów w procesie produkcji. Uzyskanie odpowiednio wysokich wartości wskaźników jakości procesu produkcji wiąże się ze zmniejszeniem rozrzutu wartości charakteryzowanych przez wyniki pomiarów, przy ustalonej przez specyfikację wyrobu wartości tolerancji wymiaru. Potwierdza to tezę, że dążenie do podnoszenia jakości, oprócz zapewnienia odpowiedniej jakości środków produkcji, jest również uzależnione od jakości i cech metrologicznych stosowanych środków pomiarowych.

Systemy tachometryczne charakteryzują się wysoką mobilnością, znacznym zakresem pomiarowym oraz szerokimi możliwościami dostosowania konfiguracji układu do realizowanego zadania pomiarowego. Pozwala to na wykonanie pomiarów wielkości geometrycznych konstrukcji spawanych o znacznych wymiarach, zawierających również trudno dostępne powierzchnie obrobione przy rozdzielczości pomiarowej rzędu 0,02 mm.

Ważnym zagadnieniem związanym z wykorzystaniem systemów pomiarowych jest eksperymentalne potwierdzenie ich właściwości metrologicznych, takich jak rozdzielczość pomiarowa, powtarzalność wyników pomiarów oraz niepewność pomiarowa w zależności od konfiguracji i indywidualnych zastosowań.

Zastosowanie różnicowej metody pomiaru do kontroli geometrii zestawów kołowych wózków pojazdów szynowych, w porównaniu z dotychczas stosowanymi rozwiązaniami, umożliwiło zwiększenie rozdzielczości pomiarowej oraz poprawę charakterystyk związanych z oceną powtarzalności wyników pomiarów.

Literatura

1. Bałut A., Tyka A.: Próba oceny przydatności metrologicznej cyfrowych instrumentów geodezyjnych do pomiaru niektórych charakterystyk geometrycznych maszyn i urządzeń mechanicznych. ZN nr 63 t. I, Pol. Świętokrzyska, Kielce 1997.
2. Jagielski A.: Geodezja II. Wydawnictwo P.W.STABILL. Wyd. 1. Warszawa 2003.
3. Lazzarini T.: Wykłady z geodezji II. PWN, Warszawa 1980.

Abstract

Geometrical correctness of the assembly of wheeled sets in new solutions of absorption carts of rail vehicles is important for keeping durability and safety of their exploitation. Practical aspect of the measurements of wheeled sets of carts of rail vehicles has been discussed. As far as metrological aspect is concerned, the problem is connected with the measurements of objects of great overall dimensions that require special equipment solutions. Possibilities of measurements indispensable geometrical quantities, witch is included in both receiving and exploiting inspections of wheeled sets has been discussed. Moreover a main limitation connected with different accessible metrological solutions has been discussed. Own solutions of measurement devices has been presented.