

Piotr GĘBIŚ, Mirosław NOWAKOWSKI

## **BADANIE GEOMETRII KÓŁ I OSI POJAZDU Z ZASTOSOWANIEM URZĄDZEŃ WYPOSAŻONYCH W AKTYWNE I PASYWNE GŁOWICE POMIAROWE**

*W artykule na wstępie omówiono zostało stanowisko pomiarowe oraz urządzenia, które wykorzystano do przeprowadzenia pomiarów geometrii kół i osi tj. Beissbarth ML4000 i Bosch FWA 4630. W dalszej części zaprezentowano wyniki jakie uzyskano podczas pomiaru geometrii kół i osi pojazdu przy pomocy w/w urządzeń dla trzech przykładowych samochodów: VW Tiguan, VW Passat i Citroen Berlingo. Następnie przeprowadzono szczegółową analizę uzyskanych wyników pomiarowych w kontekście ich dokładności oraz zaleceń producentów badanych pojazdów. W kolejnej części referatu porównano technologie prowadzenia procedur pomiarowych dla tych dwóch rodzajów urządzeń diagnostycznych. Referat zakończono sporządzeniem wniosków*

### **WSTĘP**

Jednym z istotnych badań diagnostycznych przeprowadzonych w ramach obsługi okresowej lub badania technicznego jest kontrola geometrii kół i osi pojazdu. Producenci pojazdów określają doświadczalnie najkorzystniejsze ustawienie kół jezdnych, uwzględniające głównie bezpieczeństwo jazdy oraz zużycie paliwa i ogumienia. Jest to bardzo obszerne zagadnienie, szczególnie od chwili, gdy w praktyce zaczęto stosować tzw. elastokinematykę, czyli wykorzystywać siły działające na styku opony z nawierzchnią drogi, do zmiany ustawienia kół i osi pojazdu.

Bezpieczeństwo jazdy w odniesieniu do układu kierowniczego układu jezdnego ocenia się względem takich kryteriów jak kierowność i stateczność kierunkową. Występują tutaj przeciwstawne wskazania. Im większa zbieżność kół tym lepsza stateczność kierunkowa, ale jednocześnie wzrastają opory toczenia, kół co w konsekwencji zwiększa zużycie paliwa i przyspiesza zużycie bieżnika opon. Ustawienie kół w celu spełnienia przywołanych kryteriów jest więc problemem złożonym. Dlatego producenci pojazdów określają zalecane, czyli kompromisowe wartości liczbowe parametrów ustawienia kół jezdnych, które są wynikiem żmudnych badań prowadzonych na etapie wdrażania do produkcji prototypu pojazdu oraz badań eksploatacyjnych. Zalecane wartości stanowią więc wyważony kompromis i obowiązują dla ściśle określonych warunków przeprowadzania pomiarów na stanowisku pomiarowo – kontrolnym. Wartości liczbowe parametrów związanych z ustawieniem geometrii kół podawane przez producentów w określonym zakresie tolerancji, odnoszą się więc do pomiarów w warunkach statycznych, czyli gdy pojazd jest ustawiony na stanowisku diagnostycznym.

### **1. BADANIA DOTYCZĄCE POMIARÓW GEOMETRII KÓŁ I OSI ZA POMOCĄ URZĄDZEŃ WYPOSAŻONYCH W AKTYWNE I PASYWNE GŁOWICE POMIAROWE**

#### **1.1. Opis stanowiska pomiarowego, przedstawienie, pojazdów będących przedmiotem badań oraz procedur przygotowawczych**

Pomiary pojazdów zostały przeprowadzone na stanowisku diagnostycznym stacji kontroli pojazdów w Łęgu Tarnowskim, wyposażonym w podnośnik nożycowy diagnostyczny o symbolu RAV 640.3.46ISI, którego producentem jest firma ROVAGIOLI. Jest to

elektrohydrauliczny podnośnik przeznaczony do podnoszenia pojazdów o masie do 3,5 tony - wersja z płytami odprężanymi, szarpakami i miejscem na obrotnice (Fot.1). Podnośnik jest zabudowany w posadzkę stanowiska diagnostycznego (Fot.2). Przy podnośniku przeprowadzona jest okresowa kontrola serwisowa z sprawdzeniem wypoziomowania platform najazdowych jak również objęty jest on dozorem technicznym Urzędu Dozoru Technicznego.



**Rys. 1.** Diagnostyczny podnośnik nożycowy



**Rys. 2.** Miejsce zabudowy podnośnika na stanowisku diagnostycznym badania geometrii kół i osi pojazdu

Urządzenia, którymi dokonywano pomiarów geometrii kół i osi pojazdu w badanych samochodach były:

- urządzenie o symbolu ML 4000 wyposażonym w aktywne głowice pomiarowe, którego producentem jest firma Beissbarth (Fot. 3),
- urządzenie o symbolu FWA 4630 wyposażonym w pasywne głowice pomiarowe, którego producentem jest firma Bosch (Fot. 4)



Rys. 3. Pomiar urządzeniem Beissbarth ML 4000



Rys. 4. Pomiar urządzeniem Bosch FWA 4630

Badaniu geometrii kół i osi pojazdu podano samochody:

- Volkswagen Tiguan, rok produkcji 2011,
- Citroen Berlingo, rok produkcji 2011,
- VW Passat, rok produkcji 2004,
- urządzenie o symbolu FWA 4630 wyposażonym w pasywne głowice pomiarowe, którego producentem jest firma Bosch (Fot. 4).

Przed przystąpieniem do badań poddano pojazdy czynnościom przygotowawczym tj :

- sprawdzenie rozmiaru opon oraz przeprowadzono pomiar i regulację ciśnienia w ogumieniu,
- sprawdzenie czy nie występują nadmierne luzy sumaryczne w układzie kierowniczym i zawieszeniu,
- sprawdzenie czy nie występują nadmierne luzy w łożyskach kół,
- sprawdzenie czy nie występuje nadmierne bicie promieniowe lub osiowe kół.

W celu przeprowadzenia poprawnej analizy pomiarów, nie wykonywano dla w/w samochodów regulacji ustawienia geometrii kół.

### 1.2. Wyniki pomiarów geometrii kół i osi pojazdu przy pomocy urządzeń BEISBARTH ML 4000 wyposażonego w aktywne głowice pomiarowe oraz BOSCH FWA 4630 wyposażonego w pasywne głowice pomiarowe

W tabeli 1 przedstawione zostały wartości referencyjne (zalecane ustawienia fabryczne) badanych pojazdów. Dane referencyjne zostały zaczerpnięte z baz danych producentów urządzeń Bosch i Beissbart oraz zweryfikowane z danymi wydawnictwa Autodata. Należy w tym miejscu podkreślić, że w sytuacjach wątpliwych, odbiegających znacząco od wartości zmierzonych przy samochodzie, należy

porównywać takie dane referencyjne z wartościami fabrycznymi podawanymi przez producentów poszczególnych pojazdów.

Tab. 1. Dane referencyjne dla badanych pojazdów

Tylna oś	VW Tiguan	Citroen Berlingo	VW Passat
Pochylenie koła	- 0°50' ± - 0°50'	- 1°14' ± - 2°14'	- 1°00' ± - 2°00'
Pochylenie koła maksymalna różnica	0°30'	0°20'	0°30'
Zbieżność półkownika	0°00' ± + 0°10'	+ 0°24' ± +0°32'	+ 0°03' ± +0°13'
Zbieżność całkowita	0°00' ± + 0°20'	+ 0°46' ± +1°04'	+ 0°06' ± +0°16'
Geometryczna oś jazdy	- 0°10' ± +0°10'	- 0°10' ± + 0°10'	- 0°10' ± +0°10'
Oś przednia	VW Tiguan	Citroen Berlingo	VW Passat
Wyprzedzenie osi zwrotnicy	+ 7°04' ± +8°04'	+ 4°12' ± +5°12'	
Pochylenie osi zwrotnicy		+10°50' ± +11°50' +11°10' ± +12°10'	
Pochylenie koła	- 0°57' ± - 0°03'	-0°17' ± + 0°43' - 0°37' ± + 0°23'	-1°00' ± + 1°00'
Pochylenie koła maksymalna różnica	0°30'	0°28'	0°30'
Zbieżność półkownika	0°00' ± + 0°10'	- 0°10' ± - 0°02'	+0°05' ± +0°15'
Zbieżność całkowita	0°00' ± + 0°20'	- 0°22' ± - 0°04'	+0°10' ± +0°30'

Z powodu znacznej rozbieżności jaką dla parametru referencyjnego dotyczącego kąta pochylenia koła osi tylnej podają firmy Bosch i Beissbarth zweryfikowano go z wydawnictwem Autodata. Dla samochodu VW Passat, brak jest ustawień referencyjny dla kąta wyprzedzenia osi zwrotnicy natomiast dla VW Tiguan i VW Passata producenci urządzeń nie podają wartości fabrycznych kąta pochylenia osi zwrotnicy.

Wg danych zawartych w programie urządzenia Bosch w samochodzie marki Citroen Berlingo, parametry dot. kątów pochylenia osi zwrotnicy i pochylenia koła przewidują inne zakresy tolerancji dla koła lewego (podane w górnych komórkach tabeli) i inne dla koła prawego (podane w dolnych komórkach tabeli).

W tabeli 2 przedstawiono zbiorcze wyniki z uzyskanych pomiarów parametrów geometrii kół i osi z wykorzystaniem dwóch rodzajów urządzeń dla trzech przykładowych samochodów.

Tab. 2. Zbiorcze wyniki pomiarów geometrii kół i osi pojazdów

Tylna oś		VW Tiguan	Citroen Berlingo	VW Passat
Pochylenie koła ML4000	lewy	- 1°21'	- 1°18'	- 1°40'
	prawy	- 1°24'	- 1°39'	- 1°49'
Pochylenie koła FWA4630	lewy	- 1°19'	- 1°16'	- 1°20'
	prawy	- 1°23'	- 1°27'	- 1°39'
Pochylenie koła maksymalna różnica ML4000		-	-	-
Pochylenie koła maksymalna różnica FWA4630		0°04'	0°12'	0°19'
Zbieżność półkownika ML4000	lewy	0°00'	+ 0°19'	+ 0°14'
	prawy	- 0°03'	+ 0°21'	+ 0°10'
Zbieżność półkownika FWA4630	lewy	+0°04'	+ 0°24'	+ 0°13'
	prawy	- 0°07'	+ 0°17'	+ 0°11'
Zbieżność całkowita ML4000		- 0°03'	+ 0°40'	+ 0°24'
Zbieżność całkowita FWA4630		- 0°03'	+ 0°41'	+0°24'
Przesunięcie kół ML4000		-	-	-
Przesunięcie kół FWA4630		- 0°05'	- 0°07'	- 0°07'
Geometryczna oś jazdy ML4000		- 0°03'	- 0°01'	- 0°02'

Geometryczna oś jazdy FWA4630		- 0°06'	- 0°03'	+0°00'
<b>Oś przednia</b>		<b>VW Tiguan</b>	<b>Citroen Berlingo</b>	<b>VW Passat</b>
Wyprzedzenie osi zwrotnicy ML4000	lewy	+ 6°57'	+ 4°51'	+ 3°40'
	prawy	+ 6°43'	+ 4°40'	+ 4°01'
Wyprzedzenie osi zwrotnicy FWA4630	lewy	+ 6°54'	+ 4°47'	+ 3°22'
	prawy	+ 6°49'	+ 4°43'	+ 3°44'
Pochylenie osi zwrotnicy ML4000	lewy	+ 10°09'	+ 10°54'	+ 3°32'
	prawy	+ 11°37'	+ 11°40'	+ 3°59'
Pochylenie osi zwrotnicy FWA4630	lewy	+ 14°17'	+ 11°17'	+ 3°10'
	prawy	+ 14°37'	+ 11°49'	+ 3°19'
Pochylenie koła ML4000	lewy	- 0°21'	+ 0°35'	- 0°54'
	prawy	- 0°33'	- 0°15'	- 0°51'
Pochylenie koła FWA4630	lewy	- 0°14'	+ 0°32'	- 0°42'
	prawy	- 0°49'	- 0°15'	- 0°55'
Pochylenie koła maksymalna różnica ML4000		-	-	-
Pochylenie koła maksymalna różnica FWA4630		0°12'	0°48'	0°13'
Zbieżność połówkowa ML4000	lewy	- 0°03'	- 0°09'	+ 0°07'
	prawy	0°00'	- 0°11'	+ 0°08'
Zbieżność połówkowa FWA4630	lewy	0°00'	- 0°07'	+ 0°09'
	prawy	0°00'	- 0°07'	+ 0°08'
Zbieżność całkowita ML4000		- 0°03'	- 0°20'	+ 0°15'
Zbieżność całkowita FWA4630		0°00'	- 0°15'	+ 0°17'
Przesunięcie kół ML4000		+ 0°08'	+ 0°03'	-
Przesunięcie kół FWA4630		+ 0°01'	+ 0°01'	+ 0°03'
Kąt sumaryczny PSZ + PK ML 4000	lewy	-	-	-
	prawy	-	-	-
Kąt sumaryczny PSZ + PK FWA 4630	lewy	+ 13°58'	+ 11°46'	+ 2°28'
	prawy	+ 14°02'	+ 11°43'	+ 2°23'

W tabeli 2 zaznaczono kolorem czerwonym zmierzone parametry geometrii kół i osi, które przekraczają zakres referencji granicznych. Zakres tych referencji podano w tabeli 1.

Analizując wyniki pomiarowe należy zaznaczyć, że:

- dla samochodu VW Tiguan, przekroczenie zakresu referencji granicznych dla osi tylnej kąt zbieżności połówkowej o 0°07' i całkowitej 0°03', jest minimalnie poza dolną tolerancją i producent pojazdu nie przewiduje regulacji tego parametru,
- dla samochodu VW Tiguan dla kąta wyprzedzenia osi zwrotnicy przekroczenie tolerancji, w zakresie koła lewego maksymalnie o 0°21' i koła prawego maksymalnie 0°10' poniżej dolnej granicy referencyjnej, jest do zaakceptowania i producent pojazdu nie przewiduje regulacji tego parametru,
- dla samochodu Citroen Berlingo dla osi tylnej, kąt zbieżności połówkowej o 0°07' i całkowitej o 0°05' jest minimalnie poza dolną tolerancją i producent pojazdu nie przewiduje regulacji tego parametru,
- dla samochodu Citroen Berlingo o 0°21' przekroczona jest dopuszczalna maksymalna różnica (podawana przez firmę Bosch) ale nie ma to żadnego wpływu przy samochodzie na nadmierne zużycie ogumienia czy też ściąganie na bok.

Analiza wyników zawartych w tabeli 2 daje podstawę do stwierdzenia, że uzyskane wyniki z wykorzystaniem obydwu urządzeń są w dużym stopniu porównywane a w niektórych przypadkach wręcz identyczne. Pozostałe zmierzone parametry poza wyżej wymienionymi opisanymi szczegółowo przypadkami, mieszczą się w zakresie fabrycznych danych referencyjnych badanych pojazdów.

Dodatkowa uwaga porządkowe dot. wyników parametrów zmierzonych:

- pomimo zaznaczania wyników z kątów pochylenia kół osi tylnej w kolorze czerwonym, na oryginalnym protokole Bosch, parametr ten jest prawidłowy co zostało zweryfikowane z wydawnictwem Autodata,

Dlatego analiza wyników wszystkich pomiarów została przeprowadzona na podstawie danych firmy Bosch zweryfikowanych dodatkowo z wydawnictwem Autodata - wg stanu bazy na 2016.

W tabeli 3 zamieszczono różnice pomiędzy zmierzonymi wartościami parametrów geometrii kół i osi z wykorzystaniem dwóch rodzajów urządzeń dla trzech przykładowych samochodów.

**Tab. 3. Różnice wartości zmierzonych badanymi urządzeniami**

Tylna oś		VW Tiguan	Citroen Berlingo	VW Passat
Pochylenie koła	lewy	0°03'	0°02'	0°20'
	prawy	0°01'	0°12'	0°10'
Zbieżność połówkowa	lewy	0°04'	0°05'	0°01'
	prawy	0°03'	0°03'	0°01'
Zbieżność całkowita		0°00'	0°01'	0°00'
Geometryczna oś jazdy		0°03'	0°02'	0°02'
<b>Oś przednia</b>		<b>VW Tiguan</b>	<b>Citroen Berlingo</b>	<b>VW Passat</b>
Wyprzedzenie osi zwrotnicy	lewy	0°03'	0°04'	0°18'
	prawy	0°06'	0°03'	0°17'
Pochylenie osi zwrotnicy	lewy	4°08'	0°23'	0°22'
	prawy	3°00'	0°09'	0°30'
Pochylenie koła	lewy	0°07'	0°03'	0°12'
	prawy	0°16'	0°00'	0°03'
Zbieżność połówkowa	lewy	0°03'	0°02'	0°02'
	prawy	0°00'	0°04'	0°00'
Zbieżność całkowita		0°03'	0°05'	0°02'
Przesunięcie kół		0°07'	0°02'	-

Z przedstawionych w tablicy 3 wyników różnic w pomiarach tych samych parametrów przy samochodach można wnioskować, że największa niedopuszczalna różnica dotyczy jednego parametru i jednego mierzonego samochodu. Jest to kąt pochylenia osi zwrotnicy koła lewego i prawego przy samochodzie VW Tiguan – zaznaczone w w/w tabeli kolorem czerwonym. Pomiar dla tego parametru przeprowadzono dwukrotnie i wyniki co do wartości się powtórzyły. Na etapie przeprowadzonego badania nie można jednoznacznie stwierdzić, dlaczego wystąpiła taka różnica.

Największa powtarzalność wyników z zastosowaniem badanych urządzeń zaobserwowano w kątach poziomych, natomiast nieznacznie mniejszą powtarzalność pomiarów dla kątów pionowych. Wyjątkiem od tej reguły są jedynie kąty pochylenia osi zwrotnicy, które różnią się w większym stopniu między sobą, co wyraźnie uwidoczniło się w pomiarze tego parametru przy samochodzie VW Tiguan. Patrząc z perspektywy użytkowej samochodów można wnioskować, że może dlatego w większości pojazdów ten właśnie parametr, czyli kąt pochylenia osi zwrotnicy, nie jest podawany przez producentów pojazdów jako parametr referencyjny.

Należy jednak sformułować wniosek ogólny wynikający z przeprowadzonej analizy, że uzyskane wyniki z pomiarów dla wszystkich mierzonych parametrów, w sposób zdecydowany zapewniają wy-

starczającą dokładność pomiaru dla obu badanych urządzeń pomiarowych. Wniosek ten wynika z analizy parametrów przedstawionych w tabelach obrazujących:

- zakresy fabrycznych parametrów referencyjnych podawanych przez poszczególnych producentów pojazdów - tabela 1,
- zbiorcze wyniki pomiarów parametrów geometrii kół i osi pojazdów - tabela 2,
- różnice wartości zmierzonych parametrów badanymi urządzeniami - tabela 3.

## 2. ANALIZA MOŻLIWOŚCI I DOKŁADNOŚCI POMIAROWYCH PRZY ZASTOSOWANIU URZĄDZEŃ WYPOSAŻONYCH W AKTYWNE I PASYWNE GŁOWICE POMIAROWE

Dla porównania możliwości i dokładności pomiarowych w tabeli 4 podano zbiorczo dane techniczne urządzeń ML 4000 i FWA 4630.

**Tab. 4. Dane techniczne urządzeń ML 4000 i FWA 4630**

Mierzona wartość	Dokładność pomiarowa		Zakres pomiarowy	
	ML 4000	FWA 4630	ML 4000	FWA 4630
Zbieżność połówkowa oś przednia i tylna	+/- 1'	+/- 2'	+/- 9°	+/- 9°
Zbieżność całkowita oś przednia i tylna	+/- 2'	+/- 4'	+/- 18°	+/- 18°
Pochylenie koła oś przednia i tylna	+/- 1'	+/- 2'	+/- 10°	+/- 10°
Przestawienie kół oś przednia i tylna	+/- 2'	+/- 2'	+/- 9°	+/- 9°
Odchylenie osi geometrycznej	+/- 2'	+/- 2'	+/- 9°	+/- 9°
Pochylenie osi zwrotnicy	+/- 4'	+/- 4'	+/- 22°	+/- 22°
Wyprzedzenie osi zwrotnicy	+/- 4'	+/- 4'	+/- 22°	+/- 22°

Na podstawie powyższego zestawienia należy stwierdzić, że dokładności pomiarowe obu urządzeń są porównywalne. Poza nieznacznie większą dokładnością pomiarową (w zakresie 0,01'-0,02'), dla urządzenia ML 4000 pozostałe dokładności pomiarowe są identyczne. Natomiast biorąc pod uwagę zakresy pomiarowe, są one identyczne dla urządzenia ML4000 i FWA 4630.

Analizując poszczególne protokoły pomiarowe należy stwierdzić, że urządzenie ML 4000 nie podaje na wydruku trzech parametrów geometrii kół i osi pojazdów, które są zawarte w protokole z pomiarów urządzeniem FWA 4630.

Są to:

- maksymalna dopuszczalna różnica kątów pochylania koła dla osi tylnej i przedniej podawanej przez producenta danego pojazdu,
- przesunięcie kół osi tylnej (natomiast przesunięciu kół osi przedniej jest podawane na protokołach z obydwu urządzeń),
- kąt sumaryczny osi przedniej kierowalnej.

Brak tych parametrów na protokołach ma niewątpliwie wpływ na przeprowadzenie pełnej analizy zmierzonych parametrów związanych z pomiarem geometrii kół i osi pojazdu, szczególnie jeżeli mamy do czynienia z pomiarem pojazdu, który uczestniczył wcześniej w kolizji czy wypadku drogowym.

Biorąc po uwagę zasadę działania urządzenia ML4000 należy stwierdzić, że mierzy ono również w/w parametry tylko producent nie przewiduje podawania tych wartości w końcowym protokole pomiaru.

## 3. ANALIZA PRZEBIEGU PROCEDUR POMIAROWYCH GEOMETRII KÓŁ I OSI ORAZ OBSŁUGI URZĄDZEŃ BEISBARTH ML 4000 I BOSCH FWA 4630

Należy stwierdzić, że same czynności prowadzenia procedur pomiarowych pojazdów przy pomocy urządzeń wyposażonych w aktywne oraz pasywne głowice pomiarowe wypadają zdecydowanie korzystniej dla tych drugich. Technologia głowic pasywnych jest doceniana przez użytkowników, gdyż nie zawierają one żadnej elektroniki. Nie wszyscy jednak producenci tego rodzaju urządzeń poradzili sobie z przetwarzaniem obrazu głowic pasywnych rejestrowanego przez kamery video (zarówno starsze CCD, jak i najnowsze CMOS). Natomiast w głowicach aktywnych cała elektronika pomiarowa jest w nie wbudowana. Urządzenia do pomiaru geometrii kół, oparte na technologii kamer CCD, mają w głowicach pomiarowych różnego rodzaju czujniki oraz układy elektroniczne, które są dość czułe na warunki otoczenia, zwłaszcza drgania, a w związku z tym narażone są na rozkalibrowanie przy uderzeniu głowicy pomiarowej lub jej upadku w trakcie użytkowania. Dlatego też pewną niedogodnością użytkowania urządzeń z kamerami CCD, czyli z głowicami aktywnymi, jest konieczność okresowej kalibracji wszystkich głowic pomiarowych na odpowiednim stanowisku (tzw. wzorcowej ramie kalibracyjnej) dla uzyskania prawidłowych i wiarygodnych wyników pomiarów. Tego typu niedoskonałości aktywnych głowic pomiarowych zostały wyeliminowane w urządzeniach do kontroli i pomiaru parametrów geometrii ustawienia kół i osi pojazdów wykorzystujących technologię pomiaru 3D, która jest min. zastosowana w urządzeniu BOSCH FWA 4630. Technologia ta polega na zjawisku trójwymiarowego modelowania parametrów podwozia. Urządzenia tej konstrukcji nie mają głowic aktywnych, czyli biorących bezpośredni udział w przetwarzaniu zbieranych sygnałów na wartości pomiarowe, lecz głowice pasywne, czyli tzw. tarcze odbłaskowe, odbijające padające na nie wiązki promieniowania podczerwonego.

W przeciwieństwie do tradycyjnych urządzeń do kontroli i pomiaru geometrii w tym wyposażonych w głowice aktywne, w których płaszczyzną odniesienia jest płaszczyzna stanowiska pomiarowego, w przyrządach wykorzystujących technologię 3D dla wszystkich mierzonych kątów płaszczyzną odniesienia jest mierzony pojazd. Pozwoliło to w urządzeniach wyposażonych w głowice pasywne, uniknąć czasochłonnego a czasami również kłopotliwego podnoszenia poszczególnych osi lub całego pojazdu w celu przeprowadzenia kalibracji głowic pomiarowych. Jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, że w celu dokonania korekty parametrów zwłaszcza związanych z kątami pionowymi, czynności tych w wielu modelach pojazdów nie można wykonać bez demontażu kół jezdnych, funkcjonalność urządzeń wykorzystujących technologię 3D jeszcze bardziej nam wzrasta.

## PODSUMOWANIE

Procedura pomiaru geometrii kół z wykorzystaniem głowic pasywnych pozwoliła zachować bardzo wysoką rozdzielczość wskazań mierzonych parametrów odpowiedzialnych za prawidłową geometrię kół i osi pojazdu, jaka uzyskiwana jest w urządzeniach wyposażonych w głowice aktywne.

Przedstawiona w referacie analiza wykazała, że pomiar geometrii kół z zastosowaniem urządzeń komputerowych wyposażonych w pasywne głowice pomiarowe ma zdecydowanie wyższe walory użytkowe. Wynika to głównie z zastosowania w tych systemach technologii pomiarowej 3D, która wyraźnie skróciła czas przebiegu czynności kontrolno-pomiarowych. Poprzez zastosowanie tej właśnie technologii wyeliminowano m. in. konieczności podnoszenia poszczególnych osi pojazdów mających na celu przeprowadzenia kompensacji bicia obręczy kół. Nie bez znaczenia pozostają też wyższe koszty

użytkowania urządzeń wyposażonych w aktywne głowice pomiarowe z racji tego, że cała elektronika jest zawarta w tych właśnie głowicach, co stwarza realne zagrożenie ich uszkodzenia np. przy upadku podczas prowadzenia czynności pomiarowo-regulacyjnych a w związku z tym konieczności ich naprawy lub doraźnej kalibracji, która wykonywana jest wyłącznie przez serwis producenta.

### BIBLIOGRAFIA

1. Jornsens *Reimpel. Podwozia samochodu. Podstawy konstrukcji.* WKiŁ Warszawa 2004.
2. Bosch, *Instrukcja obsługi urządzenia do pomiaru geometrii kół FWA 4630 M*, Bosch GmbH, Niemcy 2010.
3. Beissbarth., *Instrukcja obsługi urządzenia do pomiaru geometrii kół i osi pojazdu ML4000*, Beissbarth, Niemcy 2002.

Autorzy:

mgr inż. **Piotr Gębiś** – SIMP Automex.

dr hab. Inż., prof. IWTL **Mirosław Nowakowski** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

**JEL:** L62 **DOI:** 10.24136/atest.2018.105

**Data zgłoszenia:** 2018.05.22 **Data akceptacji:** 2018.06.15