

*mgr inż. Jarosław Kończak*

*mgr inż. Marcin Mieteń*

*mgr inż. Marcin Zwierzyński*

Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej

## **Problematyka badania ergonomii specjalnych pojazdów pożarniczych i wojskowych**

### **Streszczenie**

Autorzy artykułu skupili się na zagadnieniu związanym z badaniem i oceną ergonomii pojazdów specjalnych zarówno wojskowych, jak i pożarniczych. Komfort pracy i przemieszczania się jest bardzo ważnym czynnikiem, ponieważ wpływa na efektywność działania załogi podczas wykonywania konkretnej misji. Dlatego przed dopuszczeniem pojazdu do użytkowania jest on poddawany ocenie pod względem ergonomii i BHP. Podczas tego badania sprawdza się system: człowiek – pojazd – otoczenie. W szerokim pojęciu ergonomii jest szereg cech, które wymagają oceny. Głównym problemem podczas badania jest ocena cech niemierzalnych. Autorzy w ramach pracy przybliżyli, jak w Wojskowym Instytucie Techniki Pancernej i Samochodowej poddaje się badaniom ergonomii zarówno wojskowe, jak i pożarnicze kołowe pojazdy specjalne. W artykule pokazano, jak złożone i skomplikowane jest ocenianie ergonomii w pojazdach specjalnych. Autorzy poruszyli również temat niejednoznacznych wymagań stawianych pojazdom kołowym.

**Słowa kluczowe:** ergonomia pojazdów specjalnych, komfort pracy .

## **Problems of Ergonomics Study of Special Fire and Military Vehicles**

### **Abstract**

The authors focused on the testing and evaluation of the ergonomics of special vehicle both, the military and fire trucks. Working comfort and movement is very

important because it affects the efficiency of the crew during the missions. Therefore before admission a vehicle to use, it is assessed in terms of ergonomics and safety. The system: human – vehicle – environment is checked in this study. In the wider understanding of the ergonomics there are many features that require the assessment. The main problem of the study is to evaluate immeasurable features. The article presents how complicated the terms of ergonomics of military and firefighting vehicles are. The authors also discuss the ambiguous requirements for wheeled vehicles.

**Keywords:** special vehicles ergonomics, comfort of work

## WSTĘP

W dobie modernizacji i wdrażania nowych pojazdów wojskowych i pożarniczych, jednymi z ważniejszych cech środków transportowych są: bezpieczeństwo, ergonomia i komfort pracy kierowców, żołnierzy lub załogi. Szczególnym zadaniem jest ocena stopnia narażenia kierowcy oraz załogi na zagrożenia w środowisku pracy, którym jest pojazd. Ważnym aspektem jest ocena wnętrza pojazdu pod względem przestronności, komfortu oraz rozmieszczenia i funkcjonalności wyposażenia. Oprócz wnętrza, trzeba też zadbać o inne czynniki wpływające na ergonomię. Są nimi: izolacja kierowcy oraz pasażerów od źródeł: ciepła, drgań i hałasu [8, 9]. Zapewniając wysoki poziom estetyki technicznej oraz komfortu załogi, zwiększamy efektywność jej pracy (rys. 1). A to skutkuje większym prawdopodobieństwem pomyślnego wykonania misji bądź złożonego zadania. Nowe pojazdy wdrażane do służb mundurowych przechodzą szereg testów związanych z wymaganiami gestora dla konkretnego produktu. Na ergonomię i komfort pojazdów składa się zespół cech, które zazwyczaj są zawarte w kilku punktach rozbudowanych wymagań.

Celem artykułu jest przybliżenie metod badań i oceny ergonomii w pojazdach specjalnych stosowanych w służbach mundurowych. Autorzy skupili się również na niejasnościach w dokumentach normatywnych.



**Rys. 1.** Schemat wpływu ergonomii i komfortu

Źródło: Opracowanie własne

## 1. DOKUMENTY NORMATYWNE

Badania ergonomii są problematyczne, ponieważ nie istnieje jeden konkretny dokument normujący weryfikację ergonomii pojazdów specjalnych. Oceniając zagadnienia ergonomiczne, trzeba zapoznać się i korzystać z kilku polskojęzycznych dokumentów, między innymi z takimi, jak:

- Norma Obronna NO-06-A104:2005, pkt. 2.14,
- Norma PN-91 N-08018 Strefy pracy kończyn górnych,
- Norma PN-80 N-08001 Granice zasięgu rąk,
- Norma PN-81 N-08002 Granice ruchu stopy,
- Norma PN-83 N-08015 Ergonomia,
- Norma PN-90 S-04052 Samochody – Dopuszczalny poziom hałasu wewnątrz pojazdu – Wymagania i badania,
- Norma PN-91 S-04100 Drgania – metody badań i oceny drgań mechanicznych na stanowiskach pracy w pojazdach.

Brak jednoznacznego dokumentu normującego ergonomię w pojazdach specjalnych jest dużym utrudnieniem zarówno dla producenta – wytwórcy

sprzętu, gestora – określającego wymagania, jak i instytucji badawczej – badających, ze względu na to, że w niektórych przypadkach przenosi się wymogi stawiane pojazdom cywilnym, przeznaczonym tylko do przemieszczania się po drogach utwardzonych na pojazdy specjalne, w większości przypadków terenowe o różnorodnym przeznaczeniu.

Podczas badań ergonomii sprawdza się dostosowanie obiektów technicznych do wymiarów i masy ciała ludzkiego lub jego części w układzie statycznym i dynamicznym dla zapewnienia optymalnej pozycji pracy. Podczas sprawdzeń ocenia się takie cechy, jak [1-7]:

- dostęp do elementów sterowniczych i sygnalizacyjnych,
- możliwość aktywizacji / dezaktywacji (obsługi) elementów sterowniczych i sygnalizacyjnych,
- kolorystykę elementów sterowniczych i sygnalizacyjnych,
- zobrazowanie informacji,
- oświetlenie miejsca pracy,
- możliwość zajmowania miejsc, wchodzenie i wychodzenie z pojazdu lub z kabiny pojazdu,
- wymiary kątowe i liniowe stanowisk roboczych, miejsc siedzących,
- widoczność z miejsca kierowcy, m.in. wyznacza się strefy martwe,
- powierzchnie antypoślizgowe,
- rozmieszczenie wyposażenia w pojeździe,
- drgania na fotelu kierowcy,
- drgania na fotelach dowódcy (dysponenta) oraz załogi,
- poziom hałasu wewnątrz i na zewnątrz przestrzeni roboczej pojazdu,
- miejsce na wyposażenie indywidualne załogi.

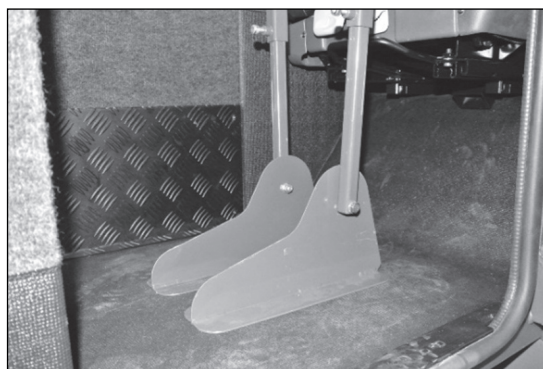
## 2. MANEKIN DO BADAŃ ERGONOMII

### A SPRAWDZENIA FUNKCJONALNE

Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej dysponuje manekinem do pomiarów związanych z ergonomią. Za pomocą manekina (rys. 2) można w łatwy sposób zobrazować i ocenić podstawowe wymiary liniowe i kątowe dla konkretnych wymiarów antropologicznych wybranego centyla populacji [2-5].

Mimo zastosowania manekina, nic nie może zastąpić rzeczywistego sprawdzenia z doświadczonymi żołnierzami bądź strażakami (rys. 3). Pod-

czas prób funkcjonalnych, osoby biorące udział w badaniu potrafią łatwo i dokładnie pokazać działanie systemu: człowiek – pojazd. W trakcie takich prób żołnierze posiadają całe wyposażenie osobiste lub zespołowe, w tym broń, którego używają podczas zadań bojowych oraz specjalnych. Prawidłowo skonstruowany pojazd powinien uwzględniać to, że pewne wymiary ludzkiego ciała zmieniają się ze względu na wyposażenie, jakie nosi człowiek. Przykładem jest obwód torsu żołnierza, który znacząco się zmienia w warunkach zimowych, kiedy żołnierz ubrany jest w kamizelkę kuloodporną oraz kurtkę zimową wraz z podpinką. W takiej sytuacji przykładowe fotele typu kubelkowego mogą być za ciasne nawet dla żołnierza średniej postury.



**Rys. 2.** Widok manekina – wizualizacja komputerowa 3D oraz fragment rzeczywistego manekina

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3. Przykład prób funkcjonalnych z żołnierzami

Źródło: Opracowanie własne

Jednym z ważniejszych badań funkcjonalnych jest sprawdzenie „łatwości wchodzenia i wychodzenie z kabiny oraz zajmowania miejsc” (rys. 4). Pozornie proste, często obrazuje ono, gdzie brakuje uchwytów do przytrzymania się albo pokazuje nielogiczne zamocowanie i ułożenie na pojeździe stopni ułatwiających wchodzenie i wychodzenie. Tego sprawdzenia nie da się bezpośrednio przenieść do wirtualnej rzeczywistości.



Rys. 4. Przykład badań funkcjonalnych pojazdu specjalnego  
Źródło: Opracowanie własne

### 3. PRZESTRZEŃ PRACY KIEROWCY I ZAŁOGI

Odpowiednio zaprojektowana i wykonana przestrzeń wewnątrz kabiny pojazdu specjalnego jest konieczna do prawidłowego współdziałania systemu człowiek – pojazd. Przestrzeń robocza kierowcy powinna być dostosowana do określonej populacji oraz uwzględniać wyposażenie indywidualne lub zespołowe konkretnej służby mundurowej. Kabina powinna spełniać wymagania BHP oraz estetyki technicznej [1]. Tego typu badania przeprowadza się poprzez oględziny oraz pomiary liniowe, jednak nowe technologie pozwalają na zastosowanie inżynierii odwrotnej (skaner 3D widoczny na rys. 5), która w pewien sposób eliminuje subiektywne odczucia badacza. Skanując badany obiekt, odtwarzamy przestrzeń kabiny (rys. 6) w technologii 3D do zeskanowanej kabiny możemy zaimplementować wirtualnego manekina 3D, dzięki któremu można sprawdzić:

- widoczność z miejsca pracy użytkownika pojazdu,
- zasięg pracy użytkownika pojazdu (nóg i rąk),

- widoczność z miejsca kierowcy,
- widoczność w lusterkach wstecznych,
- siły w układzie szkieletowym użytkownika pojazdu w zależności od wykonywanej czynności (np. zmiana biegów, otwieranie schowka, podnoszenie osprzętu wspomagającego działanie danej sekcji, grupy).



Rys. 5. Widok skanera 3D

Źródło: Opracowanie własne

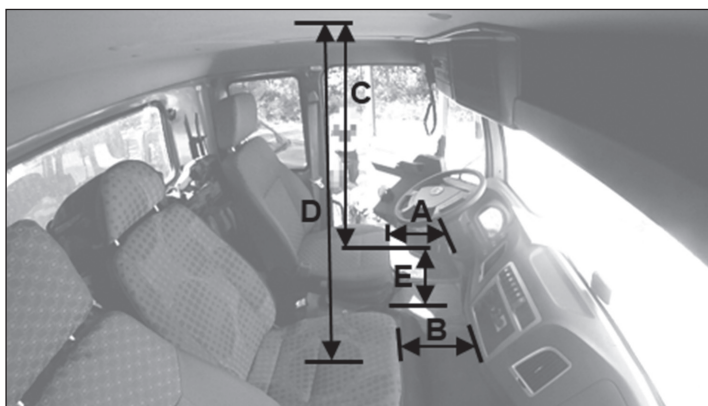


Rys. 6. Widok zeskanowanej kabiny pojazdu

Źródło: Opracowanie własne



Na podstawie skanu 3D kabiny wykonano pomiary wybranych odległości charakteryzujących przestrzeń wewnętrzną w kabinie samochodu badanego (rys. 7) oraz we wcześniejszym wariantcie modernizowanego samochodu Star 266M2 z 2011 roku. Zmierzone wymiary odniesiono do wartości wynikających z danych ergonomicznych, zawartych w dokumentach normatywnych (m.in. PN-90/K1101, PN-90/N-08000), które należy uwzględnić w procesie projektowania przestrzeni roboczych.



**Rys. 7.** Podstawowe wymiary pomiędzy siedziskami a powierzchniami wewnętrznymi w kabinie (wymiar: A, B – poziome, C, D, E – pionowe)

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela 1.** Wymiary w kabinie – porównanie z wartościami zalecanymi

Wymiar	jm	A	B	C	D	E
Zmierzony w badanym samochodzie	[mm]	225	270	1013	965	460*
Zmierzony w Star 266M2 z 2011 r.	[mm]	255	380**	990	961	475
Wartość zalecana dla 95 centyla populacji męskiej	[mm]	200	300	931***	931***	460

\* wysokość fotela kierowcy regulowana w płaszczyźnie pionowej,

\*\* odległość od krawędzi styku podnóżka pasażera środkowego, odległość do deski rozdzielczej jest większa od 380 mm,

\*\*\* wysokość dla człowieka, bez uwzględnienia hełmu żołnierza.

Źródło: Opracowanie własne

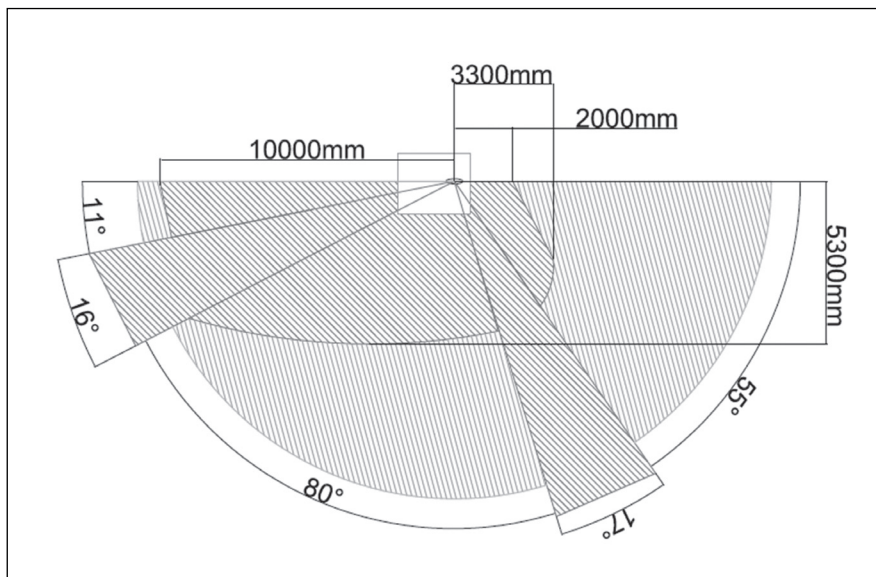
#### 4. WIDOCZNOŚĆ

Badania widoczności w Wojskowym Instytucie Techniki Pancernej i Samochodowej przeprowadzane są dwoma metodami – za pomocą tachimetru i manekina oraz poprzez inżynierię odwrotną. Przykładowym badaniem jest sprawdzenie widoczności drogi przy maksymalnie opuszczonej przesłonie. W badaniu wykorzystano tachimetr z punktem pomiarowym symulującym położenie oczu kierowcy dla 50-centylowego manekina (rys. 8). Przykładowe wyniki przedstawiono na rys. 9 i 10.



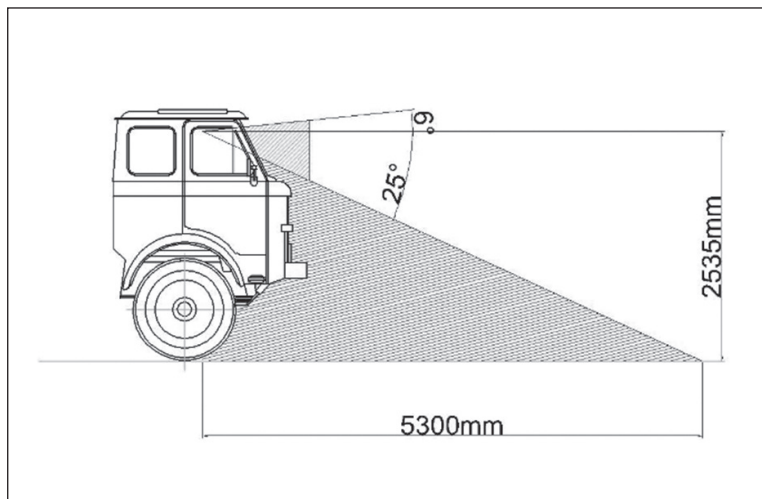
**Rys. 8.** Tachimetr TOPCON GPT-3107N, S/N:8W0190

Źródło: Opracowanie własne



**Rys. 9.** Widok z góry kabiny pojazdu STAR266M2, przedstawiający kąty i pola widoczności w płaszczyźnie poziomej drogi.

Źródło: Opracowanie własne

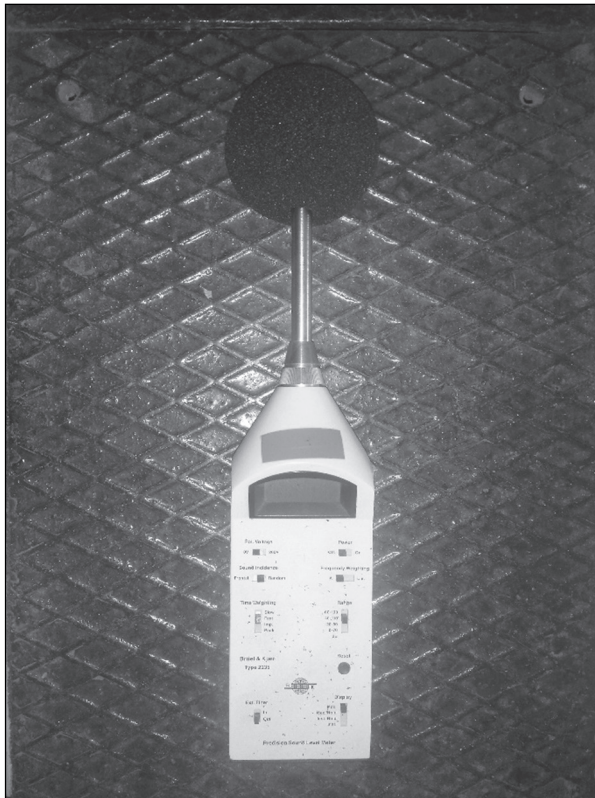


**Rys. 10.** Widok z boku kabiny pojazdu STAR266M2, przedstawiający kąty widoczności przez przednią szybę w płaszczyźnie pionowej stanowiska kierowcy

Źródło: Opracowanie własne

## 5. HAŁAS WEWNĄTRZ KABINY

Komfort jazdy uzależniony od izolacji akustycznej samego pojazdu od otaczającego go otoczenia. Hałas, w zależności od swojego poziomu, może skutkować różnymi zaburzeniami, takimi jak: zaburzenia układu krążenia, układu nerwowego, zmysłu równowagi, a także niemożnością zrozumienia mowy z odległości 0,5 metra. Długotrwałe przebywanie w kabinie pojazdu, generującego znaczną ilość efektów akustycznych o dużym nasileniu, wywołuje u kierowcy lub dysponenta pojazdu i członków załogi zmęczenie psychiczne, ogranicza percepcję odbioru bodźców z zewnątrz, co w konsekwencji może doprowadzić do ograniczenia panowania nad pojazdem lub niewłaściwego wykonywania zadań przez załogę po etapie transportu do miejsca działania.



**Rys. 11.** Przyrząd do pomiaru hałasu

Źródło: Opracowanie własne

Pomiary hałasu wewnątrz kabiny pojazdu wykonuje się przy jego masie własnej podczas jazdy ze stałymi prędkościami 50 km/h, 70 km/h, 90 km/h oraz podczas przyspieszania. Pomiar przeprowadza się w miejscu siedziska kierowcy, zgodnie z normą PN-90/S-04052. Podczas badań mikrofon pomiarowy (rys. 11) ustawia się w pobliżu prawego ucha kierowcy. Wszystkie włazy pojazdu podczas pomiaru są zamknięte, wyłączone wszelkie urządzenia klimatyzacyjne i wentylacyjne. Tego typu badania wykonywane na lotnisku, ze względu na wyeliminowanie hałasu powstałego podczas poruszania się po nawierzchni o słabym stanie technicznym. Podczas pomiarów rejestruje się następujące warunki otoczenia:

- temperatura otoczenia,
- prędkość wiatru,
- poziom hałasu otoczenia wewnątrz pojazdu.

Przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Pomiar hałasu wewnątrz kabiny pojazdu KPWM III

Lp.	Warunki badań		Poziom hałasu [dB (A)]
1.	Stałe prędkości jazdy [km/h]	50	83,9 ± 0,4
2.		70	84,9 ± 0,6
3.		90	86,9 ± 0,8
4.	Poziom hałasu podczas przyspieszania		87,4 ± 0,7

Źródło: Opracowanie własne

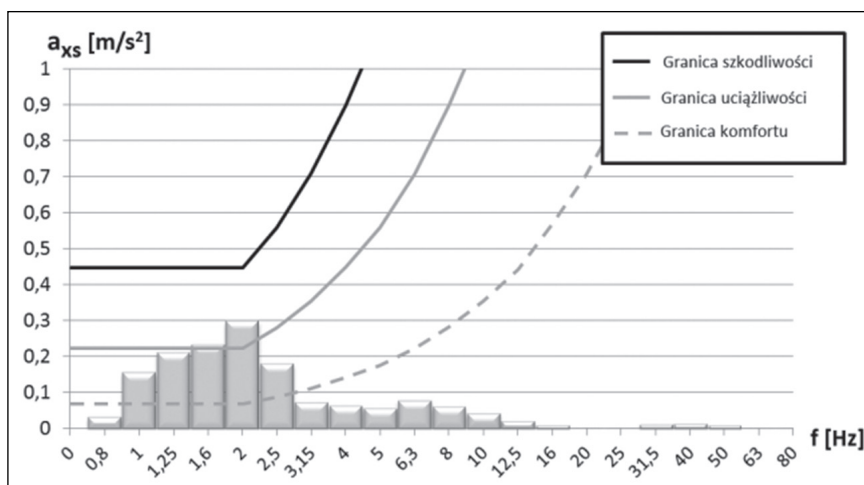
## 6. ODZIAŁYWANIE DRGAŃ NA CZŁOWIEKA

Komfort jazdy kierowców oraz pasażerów pojazdów jest również oceniany poprzez pomiary przyspieszeń drgań na siedziskach [6]. Osoby prowadzące pojazdy zawodowo są narażone na drgania, które mogą niekorzystnie wpływać na ciało człowieka, powodując uczucie dyskomfortu, zaburzenia w funkcjonowaniu organizmu lub nieodwracalne zmiany chorobowe. Poziom drgań wywoływanych przez układ droga – pojazd jest zależny od rodzaju nawierzchni (rys. 12), ukształtowania profilu nawierzchni, budowy pojazdu oraz prędkości jazdy. Do oceny poziomu drgań służą charakterystyki i wskaźniki porównawcze komfortu wyznaczane podczas badań eksperymentalnych.

Badania są wykonywane metodą oceny widmowej dla stałej prędkości jazdy. W tej metodzie mierzy się przyspieszenia w kierunku wzdłużnym, poprzecznym i pionowym w miejscu siedziska kierowcy lub pasażera. Przyspieszenia są mierzone za pomocą trójosiowego przetwornika drgań. Komfort jazdy pojazdu za pomocą tej metody jest oceniany poprzez charakterystyki przyspieszeń skutecznych drgań w funkcji częstotliwości środkowych pasm tercjowych (rys. 13).



Rys. 12. Widok pojazdu KPWMIII na podczas jazdy po terenowym torze badawczym  
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 13. Widok przykładowej charakterystyki przyspieszeń skutecznych drgań w funkcji częstotliwości środkowych pasm tercjowych

Źródło: Opracowanie własne

## WNIOSKI

Brak sprecyzowanych parametrów w dokumentach normatywnych generuje problemy w badaniach ergonomii ze względu na brak jednoznacznych kryteriów oceny. Drugim znaczącym problemem jest brak konkretnych wartości ocenianych parametrów oraz metod badań cech niemierzalnych, które są istotne ze względu na ergonomię projektowanego/badanego pojazdu.

Wykorzystanie klasycznego manekina, technologii 3D wraz z wirtualnym manekinem umożliwia wyeliminowanie subiektywnej oceny badaczy. Umożliwia przeprowadzanie testów i eliminację błędów konfiguracji wnętrza pojazdu, rozmieszczenia urządzeń i osprzętu na zewnątrz pojazdu a także podatności obsługowej czy operowania elementami sterowniczymi (wykonawczymi). Jednak nie można pominąć prób funkcjonalnych z udziałem personelu roboczego (załogi pojazdów wojskowych, zastępy pożarnicze itp.), ponieważ sugestie, spostrzeżenia przyszłych użytkowników są najważniejsze podczas doskonalenia ocenianego prototypu lub demonstratora pojazdu.

Podsumowując, dla pojazdów specjalnych powinna powstać oddzielna norma, która w jednoznacznym układzie przedstawi kryteria oceny. Pożądane byłoby wyprowadzenie współczynnika lub wskaźnika komfortu/ergonomii odnoszącego się do całego wyrobu. Taki wskaźnik ułatwiłby zamawiającemu pojazd określenie jednoznacznych wymagań i wyeliminowałoby często przytaczane sloganowe stwierdzenia, np. „siedzenia pojazdu powinny być wygodne” albo „łatwy sposób montażu wyposażenia”. Ten wskaźnik (współczynnik) na etapie prowadzenia procedury pozyskania (przetargu) mógłby być jednym z kryteriów oceny złożonych ofert od potencjalnych wykonawców.

## LITERATURA

- [1] Norma Obronna NO-06-A104, pkt. 2.14.
- [2] Norma PN-91 N-08018 Strefy pracy kończyn górnych.
- [3] Norma PN-80 N-08001 Granice zasięgu rąk.
- [4] Norma PN-81 N-08002 Granice ruchu stopy.
- [5] Norma PN-83 N-08015 Ergonomia.
- [6] Norma PN-90 S-04052 Samochody. Dopuszczalny poziom hałasu wewnątrz pojazdu. Wymagania i badania.

- [7] Norma PN-91 S-04100 Drgania – metody badań i oceny drgań mechanicznych na stanowiskach pracy w pojazdach.
- [8] Praca zbiorowa pod redakcją D. Koradeckiej.: Bezpieczeństwo pracy i Ergonomia. tom I i II. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 1997.
- [9] Zagrożenia zdrowia kierowców pojazdów silnikowych związane ze szkodliwymi i uciążliwymi warunkami środowiska pracy, red. Katarzyna Rogowska, Oficyna Wydawnicza Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź 2007.