

Zbigniew **RACZYŃSKI**

LABORATORIUM BADAWCZE ODPORNOŚCI URZĄDZEŃ TECHNIKI WOJSKOWEJ NA CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE

Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwości badawcze laboratorium OBRUM sp. z o.o., w zakresie odporności i wytrzymałości urządzeń na czynniki środowiskowe. Podano parametry techniczne oraz możliwości badawcze wyposażenia omawianego laboratorium. Zestawiono wymagania norm obronnych dla różnych klas urządzeń techniki wojskowej. Szczegółowo przedstawiono zakres wymagań norm obronnych pod kątem urządzeń instalowanych na podwoziach pojazdów gąsienicowych i kołowych.

Słowa kluczowe: laboratorium badawcze, wstrząsarka, komora klimatyczna, normy obronne.

1. WPROWADZENIE

Zapewnienie poprawności działania oraz niezawodności współczesnego sprzętu wojskowego wymaga wykonania wielu badań, już na etapie modelu i prototypu. Zakres niezbędnych badań, warunkujących dopuszczenie sprzętu do eksploatacji określony jest w normach branżowych. Dla wyposażenia uzbrojenia są to normy obronne serii NO-06-A10X.

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych OBRUM sp. z o.o. z siedzibą w Gliwicach jest sprywatyzowaną jednostką badawczo-rozwojową, która posiada status Centrum Badawczo-Rozwojowego. Ośrodek od początku istnienia zajmuje się unikatowymi w skali kraju pracami badawczymi i rozwojowymi, związanymi z kompleksowym projektowaniem oraz wdrażaniem technologii wyrobów, w zakresie wojskowych i cywilnych gąsienicowych oraz kołowych pojazdów specjalnego przeznaczenia.

Ze względu na specyficzne przeznaczenie i warunki eksploatacji projektowanych pojazdów, już na etapie prototypu wymagane są badania poszczególnych podzespołów i urządzeń, określone szczegółowymi normami branżowymi. Badaniom takim podlegają urządzenia mechaniczne, hydrauliczne i elektryczne, które sprawdzane są m.in. pod kątem funkcjonalności i odporności na czynniki środowiskowe.

W strukturze firmy OBRUM sp. z o.o. funkcjonuje Dział Prototypów i Badań, który realizuje zadania wynikające z planu rzeczowego Ośrodka oraz świadczy usługi zewnętrzne. W ramach zakresu realizowanych zadań, Dział Prototypów i Badań posiada również specjalistyczne laboratorium badawcze.

W latach 2010-2011 dzięki pozyskaniu dotacji z Funduszu Nauki i Technologii Polskiej na finansowanie inwestycji aparaturowej, laboratorium zostało gruntownie zmodernizowane i wyposażone w nowoczesną aparaturę, pozwalającą na poszerzenie możliwości badawczych zarówno dla nowo projektowanego oraz stosowanego sprzętu wojskowego i cywilnego. Nowe stanowiska uzupełniły wyposażenie badawcze, umożliwiające wykonywanie badań odporności i wytrzymałości prototypów urządzeń

mechanicznych i podzespołów elektrycznych zgodnie z wymaganiami norm obronnych NO-06-A103:2005 i NO-06-A107:2005, szczególnie dla grupy N.XX urządzeń specjalnych [1].

Wymieniona norma obronna NO-06-A107:2005 określa szczegółowo metodyki badań wyrobów specjalnych, w zależności od grupy N wykonania urządzenia.

2. ZAKRES BADAŃ OFEROWANYCH PRZEZ LABORATORIUM

W strukturze obecnego laboratorium badawczego OBRUM można wyróżnić cztery grupy tematyczne badań. Są to badania:

- odporności i wytrzymałości urządzeń na czynniki środowiskowe,
- zespołów napędowych,
- układów hydraulicznych,
- konstrukcji maszyn budowlanych i drogowych.

Z wymienionych grup tematycznych, normy obronne precyzują wymagania tylko dla pierwszej grupy i ta grupa zostanie omówiona szczegółowo w niniejszym artykule.

2.1 Stanowisko badawcze odporności i wytrzymałości urządzeń na narażenia mechaniczne (wibracje i udary)

Stanowisko do badania odporności i wytrzymałości urządzeń na narażenia mechaniczne składa się z elektromagnetycznej wstrząsarki wibracyjnej firmy TIRA z osprzętem, stołu ślizgowego z wyposażeniem w trzech osiach współrzędnych oraz „kontrolerem” wibracji i udarów wraz z oczujnikowaniem oraz oprogramowaniem (rys. 1).

Zastosowany kontroler firmy LMS z 8-kanalowym wzmacniaczem VB8-E umożliwia podłączenie dodatkowych przetworników przyspieszenia, czujników tensometrycznych itp. do śledzenia wybranych parametrów badanego urządzenia podczas zaprogramowanych wymuszeń wibracji bądź udarów.



a) wstrząsarka wibracyjna,



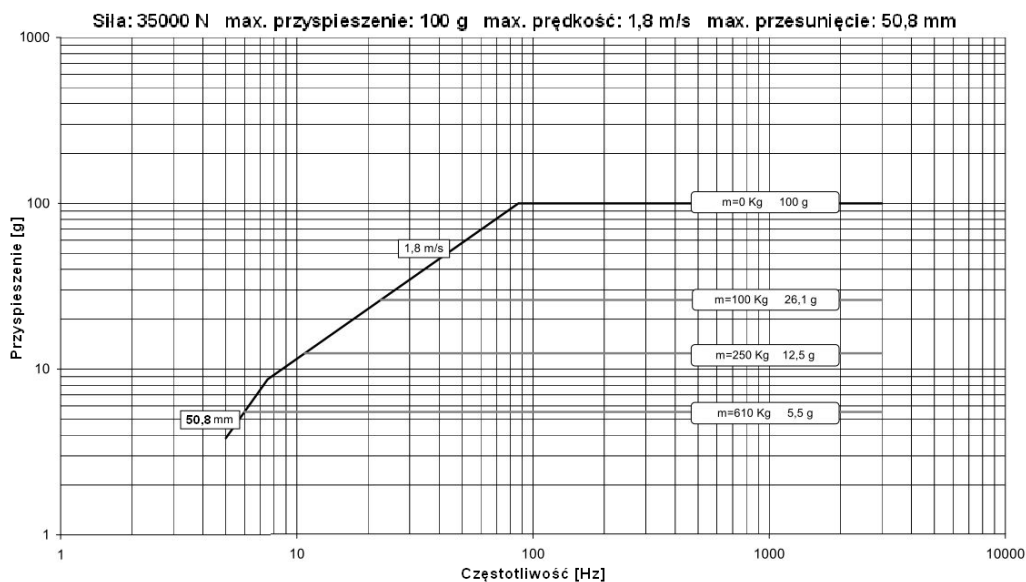
b) wzmacniacz + laptop z oprogramowaniem

Rys. 1. Widok zestawu stanowiska stosowanego w badaniach na narażenia drgań i udarów

Stanowisko umożliwia zadawanie określonych wibracji i uderów badanych elementów i podzespołów o następujących parametrach:

- maksymalna siła wymuszająca (dla przebiegów sinusoidalnych, losowo zmiennych i uderowych) odpowiednio – 35 kN, 35 kN, 70 kN;
- zakres częstotliwości 5 ÷ 3000 Hz;
- przemieszczenie maksymalne (międzyszczytowe) – 50,8 mm;
- prędkość maksymalna zmian – 1,8 m/s;
- przyspieszenie maksymalne (sinus/losowe/udar) – 100g/100g/200g;
- masa ruchomej armatury wzbudnika – 36,5 kg;
- średnica armatury wzbudnika - ϕ 440 mm;
- maksymalna masa badanego obiektu w osi pionowej – do 600 kg;
- kierunki wymuszeń: w trzech osiach (w osi x-y przez stół ślizgowy z obracaniem badanego obiektu).

Na rys. 1 przedstawiona jest charakterystyka wymuszeń zadawanych przez wstrząsarkę wibracyjną w osi pionowej (bez stołu ślizgowego).



Rys. 2. Charakterystyka pracy wstrząsarki wibracyjnej w osi pionowej

Pracę wstrząsarki ze stołem ślizgowym charakteryzują następujące parametry:

- użyteczny zakres częstotliwości 5 – 2000 Hz;
- wymiary ruchomej płyty – (1000 x 1000) mm;
- maksymalna masa badanego obiektu na stole ślizgowym – do 2000 kg.

Maksymalne przyspieszenie stołu ślizgowego można obliczyć ze wzoru:

$$a_{\max} = \frac{F_{\max}}{g \cdot (m_r + m_{obc})} \quad (1)$$

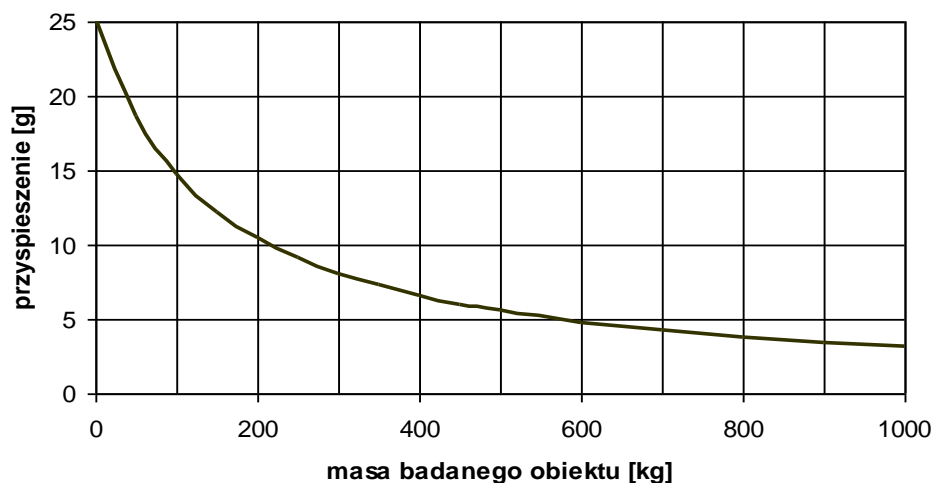
gdzie:

a_{\max} – maksymalne przyspieszenie stołu ślizgowego (wartość bezwzględna w m/s^2),

F_{\max} – maksymalna siła wymuszeń (dla przebiegu sinusoidalnego i losowo zmiennego - 35 kN),

- m_r – całkowita ruchoma masa stołu ślizgowego z armaturą – (łącznie ok. 141 kg),
 m_{obc} – masa badanego obiektu (w kg),
 g – przyspieszenie ziemskie ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Zgodnie ze wzorem (1), maksymalne przyspieszenie dla stołu wzbudnika wynosi ok. 25g (czyli rzędu 250 m/s^2); będzie malało wraz ze wzrostem masy obiektu badanego (rys. 3).



Rys. 3. Zależność przyspieszenia względnego drgań stołu wstrząsarki od masy badanego obiektu

2.2. Stanowiska badawcze odporności i wytrzymałości urządzeń na narażenia klimatyczne

Na wyposażeniu laboratorium znajduje się komora klimatyczna typ VUK 08/1500 o pojemności 1500 dm^3 (rys. 4). Wykorzystywana jest do badań oddziaływania środowiska (symulacja temperatury i wilgotności powietrza) i pozwala uzyskać wyniki w następującym zakresie:

- badania odporności na działanie warunków klimatycznych urządzeń w trakcie ich pracy oraz w warunkach ich magazynowania;
- symulacja zadanych warunków klimatycznych, odpowiadających międzynarodowym standardom (parametry komory pozwalają na przeprowadzenie badań w zakresie temperaturowym od -50°C do $+150^\circ\text{C}$);
- badania odporności materiałów i podzespołów na tzw. narażenia szokowe.



Rys. 4. Komora klimatyczna VUK 08/1500 **Rys. 5. Komora temperatury VMT 08/64**

Parametry charakteryzujące komorę VUK 08/1500 są następujące:

- wymiary użytkowe $S \times W \times G$ – 1 m x 1 m x 1,5 m;
- zakres temperatur $(-50 \div +150) \text{ }^\circ\text{C}$;
- zakres wilgotności $(10 \div 98) \%$.

Laboratorium wyposażone jest ponadto w komorę temperatury VMT 08/64, o następujących parametrach:

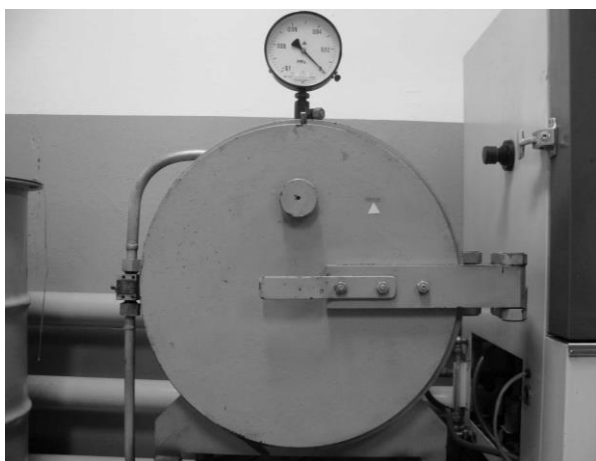
- wymiary użytkowe $S \times W \times G$ – 0,32 m x 0,4 m x 0,29 m;
- zakres temperatur $(-60 \div +150) \text{ }^\circ\text{C}$.

gdzie: $S \times W \times G$ oznacza: szerokość x wysokość x głębokość komory.

2.3. Stanowisko badawcze odporności i wytrzymałości urządzeń na obniżone ciśnienie atmosferyczne

Na wyposażeniu laboratorium znajduje się komora, umożliwiająca zadawanie obniżonego ciśnienia atmosferycznego. Jest to urządzenie w kształcie cylindra o określonej długości. Parametry tej komory (rys. 6) są następujące:

- wymiary użytkowe: średnica x G - $(\phi 0,55 \text{ m} \times 0,6 \text{ m})$;
- zakres obniżonego ciśnienia atmosferycznego – do 100 hPa.



Rys. 6. Komora podciśnienia



Rys. 7. Stanowisko do deszczowania

W przypadku potrzeby badania odporności całkowitej na niskie ciśnienie atmosferyczne podczas transportu lotniczego, badane urządzenie można schłodzić do wymaganej temperatury $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ w oddzielnej komorze temperatury, a następnie przenieść do komory obniżonego ciśnienia atmosferycznego i kontynuować badanie.

2.4. Stanowiska badawcze odporności i wytrzymałości urządzeń na opady atmosferyczne (deszcz)

Laboratorium posiada także stanowisko do badania odporności całkowitej oraz wytrzymałości i odporności urządzeń na opady atmosferyczne (deszcz). Stanowisko to (rys.7) zostało zaprojektowane pod kątem badania pojazdów wojskowych. Jego parametry są następujące:

- wymiary użytkowe $S \times W \times G$ – 4,2 m x 4,4 m x 9 m;
- intensywność deszczowania – do 8 mm/min.

Ze względu na usytuowanie stanowiska na otwartej przestrzeni, możliwości jego eksploatacji są ograniczone w zimie, gdyż spadek temperatury otoczenia poniżej 0°C uniemożliwia korzystanie z tego stanowiska.

3. ZESTAWIENIE WYMAGAŃ NORM OBRONNYCH

Norma obronna NO-06-A103:2005 obejmuje wymagania dotyczące różnych rodzajów urządzeń wojskowych. Są to urządzenia: naziemne (klasa N), morskie (klasa M), lotnicze (klasa S) oraz raketowe i urządzenia (wyposażenie) amunicji artyleryjskiej (klasa T).

W tabeli 1 zostały przedstawione wybrane wymagania na czynniki środowiskowe dla poszczególnych klas urządzeń techniki wojskowej. Każda klasa urządzenia podzielona jest jeszcze na grupy, dla których norma precyzuje bardziej szczegółowo zakresy narażeń środowiskowych. Przykładowo, urządzenia klasy N podzielone są na 14 grup.

W zależności od grupy urządzenia w ramach danej klasy, szczegółowe parametry narażeń są zawężone zgodnie z wymaganiami normy. (W tabeli 1 podano jedynie zakresy ekstremalne narażeń dla danej klasy urządzenia).

Profil działalności OBRUM koncentruje się na wyrobach klasy naziemnej dla pojazdów o podwoziach gąsienicowych i kołowych oraz urządzeniach na nich instalowanych. Są to więc w praktyce urządzenia z grup N.7 do N.12, dla których za pomocą aparatury stanowiącej wyposażenie laboratorium można wykonać szeroki zakres badań przedstawionych w tabeli 2, z ograniczeniem drgań sinusoidalnych do 5 Hz oraz badań temperaturowych większych obiektów do -50°C oraz wilgotności do 98%.

W praktyce Założenia Taktyczno - Techniczne na badane obiekty (urządzenia) naziemne nie wymagają tak skrajnych wartości narażeń (wibracji, temperatury i wilgotności). Odporność na wibracje i udary urządzeń o dużych gabarytach i masie sprawdza się podczas badań trakcyjnych pojazdu. Natomiast poddawanie wyposażenia obiektów o małej masie narażeniom niskoczęstotliwościowym (1 do 5 Hz) w praktyce nie jest wymagane.

Ponieważ państwa europejskie (w tym Polska) położone są w strefie klimatu umiarkowanego, w warunkach krajowych wytrzymałość urządzeń na temperaturę ogranicza się do -40°C a odporność na temperaturę do -30°C . Również zakres wilgotności ogranicza się do maksymalnej wartości 98%.

Określenie możliwości wykonania w laboratorium badań urządzeń innych klas, wymienionych w tablicy 1 wymaga indywidualnego sprawdzenia w normie obronnej bądź w Warunkach Technicznych dla tego urządzenia, czy parametry stanowiska badawczego pokrywają zakres wymagań dla urządzenia, które chcemy poddać badaniom.

Tablica 1. Zestawienie wybranych parametrów w badaniach na czynniki środowiskowe

Czynnik środowiskowy	Charakterystyka czynnika środowiskowego	Jednostka miary	Wartość czynnika środowiskowego dla klasy urządzeń			Uwagi
			N	M	S	
Drgania sinusoidalne	amplituda przyspieszenia	m/s ²	40 ÷ 60	20 ÷ 50	20 ÷ 300	
	przedział częstotliwości	Hz	1 ÷ 500	1 ÷ 500	5 ÷ 2000	
Udary mechaniczne pojedyncze	szczytowe przyspieszenie udaru	m/s ²	750 ÷ 1000	do 10000	+	Dla grupy N.10 – 30000 m/s ²
	czas trwania impulsów udaru	ms	1 ÷ 5	0,5 ÷ 2	+	Dla grupy N.10 - 0,2÷0,5 ms
Udary mechaniczne wielokrotne	szczytowe przyspieszenie udaru	m/s ²	150 ÷ 1500	60 ÷ 150	60 ÷ 150	
	czas trwania impulsów udaru	ms	1 ÷ 10	5 ÷ 20	15 ÷ 20	
Niskie ciśnienie atmosferyczne	pracy/graniczne	hPa	600/120	–	120÷260/–	
Podwyższona temperatura otoczenia	pracy/graniczna	°C	+40 ÷ +60/ +50 ÷ +70	+40 ÷ +80/ +70 ÷ +100	+50 ÷ +70/ +85	
Obniżona temperatura otoczenia	pracy/graniczna	°C	-50 ÷ -10/ -60 ÷ -50	-40 ÷ 0/-50	-60/-60	
Zmiany temperatury otoczenia	przedział zmian temperatury	°C	-60 ÷ -50 do +50 ÷ +70	-50 ÷ -10 do +10 ÷ +100	–	
Zwiększona wilgotność dla wykonania:	wilgotność względna, przy temperaturze	% przy °C	100 przy +35 do (98 ÷ 100) przy +25	98 ÷ 100 przy +35 ÷ +50	100 przy +35	
Opady atmosferyczne (deszcz)	–	mm H ₂ O	typowo 5±2 mm/min	–	+	

Tablica 1. cd.

Czynnik środowiskowy	Charakterystyka czynnika środowiskowego	Jednostka miary	Wartość czynnika środowiskowego dla klasy urządzeń		Uwagi
			R	T	
Drgania sinusoidalne	amplituda przyspieszenia	m/s ²	Drgania losowe 5 ÷ 230	100 ÷ 150	
	przedział częstotliwości	Hz	1 ÷ 2000	1 ÷ 2000	
Udary mechaniczne pojedyncze	szczytowe przyspieszenie udaru	m/s ²	600 ÷ 1000	600 ÷ 8x10 ⁵	
	czas trwania impulsów udaru	ms	0,3 ÷ 6	–	
Udary mechaniczne wielokrotne	szczytowe przyspieszenie udaru	m/s ²	60 ÷ 400	–	
	czas trwania impulsów udaru	ms	2 ÷ 15	–	
Niskie ciśnienie atmosferyczne	pracy/graniczne	hPa	6,7/–	120 ÷ 6,7/–	
Podwyższona temperatura otoczenia	pracy/graniczna	°C	+55 ÷ +60/ +60 ÷ +85	+50 ÷ +55/ +60 ÷ +70	
Obniżona temperatura otoczenia	pracy/graniczna	°C	-55 ÷ -50/-60	-60 ÷ -40/–	
Zmiany temperatury otoczenia	przedział zmian temperatury	°C	-60 do +70 ÷ +85	-60 ÷ -50 do +60 ÷ +70	
Zwiększona wilgotność dla wykonania:	wilgotność względna, przy temperaturze	% przy °C	98 ÷ 100 przy +35	100 przy +35 do 98 przy +25	
Opady atmosferyczne (deszcz)	–	mm H ₂ O	+	+	

+ - Wymagania podaje się w ZTT (WT), jeżeli na urządzenie działa dany czynnik środowiskowy.

– - Wymagań nie ustala się.

Tablica 2. Wybrane parametry badań na czynniki środowiskowe dla grupy urządzeń N7÷N12

Czynnik środowiskowy	Charakterystyka czynnika środowiskowego	Jednostka miary	Wartość czynnika środowiskowego dla grupy urządzeń					
			N.7	N.8	N.9	N.10	N.11	N.12
Drgania sinusoidalne	amplituda przyspieszenia	m/s ²	50			60		50
	przedział częstotliwości	Hz	1 ÷ 300	5 ÷ 500				
Udary mechaniczne pojedyncze	szczytowe przyspieszenie udaru	m/s ²	–	750	–	30000	750	
	czas trwania impulsów udaru	ms	–	1 ÷ 5	–	0,2÷0,5	1 ÷ 5	
Udary mechaniczne wielokrotne	szczytowe przyspieszenie udaru	m/s ²	150			1500		
	czas trwania impulsów udaru	ms	5 ÷ 10			1 ÷ 5		
Niskie ciśnienie atmosferyczne	pracy/graniczne (transportowanie nie pracującego urządzenia)	hPa	600/120					
Podwyższona temperatura otoczenia dla wykonania:	O: pracy/graniczna	°C	+55/+70			+60/+70		+55/+70
	UZ: pracy/graniczna	°C	+50/+65			+50/+70		+50/+65
Obniżona temperatura otoczenia dla wykonania:	O: pracy/graniczna	°C	-50/-60					
	UZ: pracy/graniczna	°C	-50/-60					
Zmiany temperatury otoczenia dla wykonania:	O: przedział zmian temperatury	°C	-60 ÷ +70					
	UZ: przedział zmian temperatury	°C	-60 ÷ +65			-60 ÷ +70		-60 ÷ +65
Zwiększona wilgotność dla wykonania:	O: wilgotność względna, przy temperaturze	% przy °C	100 przy +35					
	UZ: wilgotność względna, przy temperaturze	% przy °C	90 do 98 przy +25					
Opady atmosferyczne (deszcz)	–	mm H ₂ O	Wymagania podaje się, jeśli na urządzenia działa czynnik środowiskowy. Typowo 5±2 mm/min.					

Rodzaj wykonania urządzenia:

O - Wymaganie ogólnoklimatyczne (dla urządzeń eksploatowanych na mikroklimatycznych obszarach o klimatach: umiarkowanym, zimnym oraz tropikalnym).

UZ - Wykonanie umiarkowane – zimne (dla urządzeń, eksploatowanych na mikroklimatycznych obszarach o naziemnych klimatach: umiarkowanym i zimnym).

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono parametry techniczne stanowisk badawczych, stanowiących wyposażenie zmodernizowanego laboratorium OBRUM sp. z o.o., umożliwiających badania odporności i wytrzymałości pojazdów i urządzeń na czynniki środowiskowe, takie jak: wibracje, udary, temperatura i wilgotność otoczenia.

Realizacja przedstawionego w tabelach 1 i 2 zakresu wymagań norm obronnych pozwala zweryfikować możliwości badawcze tego laboratorium w zastosowaniu do różnych klas urządzeń techniki wojskowej.

Omówione laboratorium badawcze jest szczególnie przeznaczone do badań układów mechanicznych, elektrycznych i hydraulicznych instalowanych w wyrobach wojskowych mobilnych klasy naziemnej o podwoziach gąsienicowych i kołowych (grupy N7 do N12).

Informacje zawarte w tabelach 1 i 2 mogą być pomocne również przy wstępnym opracowywaniu programu badań i wykorzystane zarówno przez pracowników laboratorium, jak i przez klienta zewnętrznego.

5. LITERATURA

- [1] Norma obronna NO-06-A103: 2005. Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań. Wymagania środowiskowe.
- [2] Norma obronna NO-06-A107: 2005. Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań. Metody badań odporności całkowitej na działanie czynników środowiskowych.
- [3] Vibration Test Systems TV 59335/AIT-440-3 TGT MO 40 XL3, Technical Documentation, TIRA Schwingtechnik, Germany.
- [4] Komora klimatyczna VUK 08/1500. Karta katalogowa firmy Heraeus Votsch.
- [5] Komora klimatyczna VMT 08/64. Karta katalogowa firmy Heraeus Votsch.
- [6] DTR komory podciśnienia oraz stanowiska do deszczowania. Materiały OBRUM sp. z o.o. Gliwice, 1990 r.
- [7] Laboratorium badawcze: odporność urządzeń na czynniki środowiskowe; układów napędowych (Zakresy badań – oferta techniczna). OBRUM sp. z o.o. Gliwice, 2012 r.

RESEARCH LABORATORY FOR TESTING THE RESISTANCE OF MILITARY TECHNIQUE DEVICES TO ENVIRONMENTAL FACTOR

Abstract: The article presents the research capability of the OBRUM laboratory within the scope of the resistance of military devices to environmental risks, as well as the technical parameters of the laboratory equipment. The article also provides a table of military norms requirements within the aforementioned scope for different types of military technique devices. A detailed register of military norms' requirements with regard to devices installed on items with tracked or wheeled chassis has also been presented.

Key words: research laboratory, shaker, climate chamber, military norms.