



**WPLYW OPRZYRZĄDOWANIA TECHNOLOGICZNEGO NA PRZEBIEG  
TESTÓW WIBRACYJNYCH 120 MM NABOI MOŹDIERZOWYCH  
PROWADZONYCH NA WZBUDNIKU DRGAŃ**

***INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL INSTRUMENTS ON THE COURSE OF  
VIBRATION TESTS CARRIED OUT ON THE INDUCTOR OF VIBRATIONS  
FOR 120 MM MORTAR CARTRIDGES***

Piotr BIENIEK\*, ORCID: 0000-0002-0591-2231; Grzegorz KOWALIK, ORCID: 0000-0002-4065-0951  
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Pr. St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka  
*Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszyńskiego St., 05-220 Zielonka, Poland*

Karol ŁYSIAK, ORCID: 0000-0002-2609-8267  
Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów  
*Rzeszow University of Technology, 12 Powstancow Warszawy Av., 35-959 Rzeszow*

\*Author's e-mail address: [bieniekp@witu.mil.pl](mailto:bieniekp@witu.mil.pl)  
*Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych na Politechnice Rzeszowskiej  
Doctoral College on Engineering-Technical Sciences at Rzeszow University of Technology*

DOI 10.5604/01.3001.0015.8553

**Streszczenie:** Artykuł przybliży zagadnienie właściwego doboru oprzyrządowania technologicznego do adaptacji 120 mm naboju moździerzowych podczas badań laboratoryjnych na wzbudniku drgań. Celem pracy jest określenie wpływu zmodyfikowanego oprzyrządowania technologicznego na przebieg testów wibracyjnych w odniesieniu do oprzyrządowania wyjściowego, którego projekt wraz z wykonaniem uwzględniającym mocowanie na wzbudniku drgań i dopasowaniem względem badanej próbki zmieniał się na podstawie prowadzonych prób. Aspekty związane z udoskonaleniem uchwytu technologicznego będącego elementem pośrednim pomiędzy urządzeniem wibracyjnym, a badaną próbką mają istotny wpływ na przebieg testów wibracyjnych, które dla porównania przeprowadzono na głowicy i stole ślizgowym wzbudnika. Każdy test jest obciążony działaniem niekorzystnych zjawisk, które po części wynikają z konstrukcji systemu wibracyjnego, jednak na poziom utrudnień i kierunek ich działania wpływa również dobór odpowiedniego uchwytu technologicznego oraz doświadczenie operatora urządzenia. Dlatego do zrównoważenia dysproporcji związanych z ograniczeniami wzbudnika drgań, a wyko-

**Abstract:** The paper deals with a proper selection of technological instruments for fixing 120 mm mortar cartridges into the vibrations inductor at laboratory testing. The work was aimed to find out the influence of modified technological instruments on the course of vibration tests in comparison to an original design which had been changed along with performed trials to take into account the fixation on the vibrations inductor and matching with the tested sample. Aspects connected with the improvement of the technological handle, which is a transitional device between the vibrating system and tested sample, have essential impact into the course of vibration tests which were conducted both on the head and the sliding table of the inductor for comparison. Each test is burdened by actions of adverse effects which are partially caused by the design of the vibrating system, and hence the experience of operator and selection of suitable technological handle are also important for coping with difficulties. For this reason it may be helpful to use some recommendations described in the paper for balancing disproportions connected with the limitations of the vi-

naniem i mocowaniem uchwyty do 120 mm naboju moździerzowego pomocne jest uwzględnienie opisanych w artykule odpowiednich wytycznych i zasad. Sposób postępowania po napotkaniu problemów i ich rozwiązanie jest na bieżąco przedstawiane w oparciu o badania wibracyjne sprawdzające odporność 120 mm naboju moździerzowych na narażenia mechaniczne w postaci drgań sinusoidalnych.

Słowa kluczowe: oprzyrządowanie technologiczne, wzbudnik drgań, 120 mm naboje moździerzowe

### **1. Charakterystyka testu odporności 120 mm naboju moździerzowych na drgania sinusoidalne zgodnie z Normą Obronną NO-06-A107**

Narażeniom mechanicznym na elektromechanicznym wzbudniku drgań poddano 120 mm naboje moździerzowe, które są przeznaczone do strzelania z samobieżnego moździerza RAK na podwoziu kołowym i gąsiennicowym. Wszystkie elementy wchodzące w skład kompletnego 120 mm naboju moździerzowego są zaliczane do grupy urządzeń (wyposażenia) amunicji artyleryjskiej T.1, których wykonanie określono jako ogólnie klimatyczne [7].

Badanie odporności amunicji moździerzowej na drgania sinusoidalne wykonuje się zgodnie z Normą Obronną NO-06-A107, która zawiera wytyczne dotyczące sposobu mocowania próbki, przebiegu testu, wartości parametrów zadanego narażenia oraz oceny uzyskanych wyników. Zgodnie z normą celem badania jest sprawdzenie w jakim stopniu badane pociski mogą przeciwstawić się niszczącemu działaniu wibracji i czy są zdolne do spełniania przewidzianych funkcji, a zarazem zachowania parametrów balistycznych o wartościach mieszczących się w dopuszczalnych granicach po zakończeniu testu.

Mocowanie próbki powinno odzwierciedlać jej rzeczywiste położenie w warunkach eksploatacji. Jeśli jednak w dokumentacji wyrobu nie zdefiniowano sposobu mocowania to wybiera

bration inductor and fabrication and fixation of the handle for 120 mm mortar cartridge. The way of coping with encountered difficulties is presented directly with proposed solutions on the base of vibration tests examining the resistance of 120 mm mortar cartridges against mechanical loads in the form of sinusoidal vibrations.

Keywords: technological equipment, vibrations inductor, 120 mm mortar projectiles

### **1. Characteristic of Resistance Tests for 120 mm Mortar Cartridges on Sinusoidal Vibrations According to Defence Standard NO-06-A107**

120 mm mortar cartridges are exposed to mechanical loads on an electromechanical inductor of vibrations before firing them with the wheeled or tracked self-propelled RAK mortar. All components of a complete 120 mm mortar cartridge fall into category of devices (equipment) of artillery ammunition T.1 designated for general climate conditions [7].

The resistance of mortar ammunition against sinusoidal vibrations is tested according to Defence Standard NO-06-A107 including the guidelines for fixing the sample, test procedure, values of parameters for the applied loads, and evaluation of received results. According to the standard, the test is designed to check in what degree the tested rounds can withstand the destructive action of vibrations, and preserve both functional efficiency and ballistic characteristics still within the acceptable limits after termination of tests.

Fixation of the sample has to reflect its real position at operation. But, when the way of fixation is not defined in the article's documentation, then the option has to be selected for which it is most likely that a

się wariant, po zastosowaniu którego istnieje największe prawdopodobieństwo uszkodzenia, bądź niezadziałania po przeprowadzonym teście. Istnieją trzy główne osie położenia próbki względem ruchu wzbudnika drgań, jednak nabój należy traktować jako obiekt osiowo symetryczny ze względu na cylindryczny kształt, co w rzeczywistości daje dwa kierunki narażeń - wzdłużne i poprzeczne.

Dobór parametrów testu wibracyjnego, którym poddano 120 mm naboje moździerzowe został dostosowany w oparciu o sprawdzenie odporności na narażenia towarzyszące podczas jazdy w warunkach poligonowych oraz wystrzału. Uwzględniając klasyfikację urządzeń, parametry testu odporności na drgania sinusoidalne dla grupy T.1 zestawiono w tabeli 1.

defect or malfunction can occur after the executed testing. There are three main axes of sample position against the displacement of an inductor of vibrations, but the cartridge has to be treated as an object of axial symmetry due to its cylindrical shape what in reality makes two directions of loads – axial and lateral.

Selection of vibration test parameters for 120 mm mortar cartridges was matched to check the resistance against the loads occurring at transportation on the range conditions, and at firing. Regarding the classification of the devices, the parameters of resistance tests against sinusoidal vibrations for group T.1 are presented in table 1.

Tabela 1. Parametry testu odporności na drgania sinusoidalne [8]

Grupy urządzeń I grupy wykonania	Zakres częstotliwości	Częstotliwość przejścia	Amplituda przemieszczenia	Amplituda przyspieszenia
	Hz	Hz	mm	m/s <sup>2</sup>
od T.1 do T.4	od 10 do 2000	32	2,5	100

Table 1. Parameters of resistance tests on sinusoidal vibrations [8]

Groups of devices in I-st performance group	Range of frequencies	Transitional frequency	Amplitude of displacement	Amplitude of acceleration
	Hz	Hz	mm	m/s <sup>2</sup>
from T.1 to T.4	from 10 to 2000	32	2.5	100

## 2. Podstawy projektowania uchwytu technologicznego

Dla grupy urządzeń, do której przynależą naboje przewidziano dość restrykcyjne narażenia, będące kryterium oceny jej niezawodności w późniejszej eksploatacji uwzględniającej warunki bojowe. W celu zamocowania pojedynczego 120 mm naboju moździerzowego, bez opakowania transportowego do ruchomych

## 2. The Fundamentals of Technological Handle Design

The cartridges belong to a group of devices which are subjected to relatively intense loads to get a criterium for evaluation of their reliability at combat field conditions. A special technological handle is needed to fix an individual 120 mm mortar cartridge without a transport packing to the

części wzbudnika drgań niezbędne jest zastosowanie odpowiedniego uchwytu technologicznego. Właściwy projekt uchwytu technologicznego zapewnia szybką reakcję dynamiczną związaną ze zmianą parametrów, co wpływa na łatwiejsze kontrolowanie. Jednak każdemu testowi mechanicznemu towarzyszą dodatkowe zjawiska w postaci węzłów, karbów oraz rezonansów. Do występowania węzłów dochodzi, gdy poziom wibracji osiąga wartość zero dla konkretnej częstotliwości, natomiast karby pojawiają się w przypadku, gdy wartość sygnału jest dużo mniejsza od tej widzianej w pozostałych punktach systemu. Najbardziej powszechnym zjawiskiem, mającym wpływ na przebieg testu jest rezonans, który zachodzi wówczas gdy wartość sygnału jest wielka w odniesieniu do rejestrowanych wartości w innych punktach. Poznanie powyższych zjawisk ułatwia dobór odpowiednich materiałów i sposobu wykonania uchwytu, aby maksymalnie zredukować ich niekorzystne działanie [2].

Oto kluczowe aspekty, które należy uwzględnić podczas projektowania:

- 1) Uchwyt technologiczny powinno się wykonywać z grubych i sztywnych, a jednocześnie lekkich płyt. Aby temu sprostać należy użyć odpowiedniego materiału, którym jest stop magnezu, ewentualnie aluminium. Magnez jest materiałem lżejszym, ale też droższym od aluminium, stąd w przypadku ograniczeń związanych z wagą, użycie magnezu umożliwia zastosowanie grubszej i sztywniejszej płyty, natomiast w pozostałych przypadkach wystarczające będzie aluminium. Zbyt cienka płyta może się zachowywać jak amortyzator uniemożliwiający przeprowadzenie testu, dlatego należy stosować solidne płyty o jak najmniejszej powierzchni. Dobór wagi uchwytu wraz z zamocowanym 120 mm nabojem moździerzowym nie powinien stanowić maksymalnego ciężaru, jaki dopuszcza wydajność systemu wibracyjnego.

moving parts of the inductor of vibrations. A properly designed technological handle provides a rapid dynamical response connected with the change of parameters and facilitates the controlling. Nevertheless, each mechanical test is accompanied by additional effects such as the nodes, beatings and resonances. The nodes occur when the level of vibrations is zero for the specific frequency, whereas the beatings exist when the value of the signal is significantly lower than observed in other points of the system. The resonance is the most common effect influencing the procedure of testing and it occurs for great values of signal comparing to other points. Recognition of these effects is helpful to reduce maximally their negative impact at selection of proper materials and a way of making the handle [2].

There are following aspects which have to be considered at designing:

- 1) Technological handles have to be made from thick and rigid, and light, plates. It can be done by using a suitable material such as an alloy of magnesium or aluminium. Magnesium is a lighter material, but it is more expensive than aluminium, hence considering the limitations connected with the weight, the use of magnesium provides the application of a thicker and more rigid plate, whereas in the remaining cases the use of aluminium is sufficient. A plate which is too thin may work as a damper preventing the execution of testing and for that reason the massive plates with the lowest surface have to be used. The selected weight of the handle with fixed 120 mm mortar cartridge has to be lower than maximal weight allowed by the performance of the vibrating system.
- 2) The handles made of one part, or possibly minimal number of parts have to be used in order to get the maximal

- 2) Aby uzyskać maksymalną sztywność układu mocującego powinno się stosować jednocześnie uchwyty lub złożone z jak najmniejszej liczby elementów. Połączenia spawane nie zawsze wytrzymują kolejne cykle zadanych narażeń, dlatego można je zastąpić połączeniami rozłącznymi poprzez skręcenie za pomocą śrub o podwyższonej klasie wytrzymałości. W przypadku przerwania połączenia wymiana śrub mocujących jest znacznie szybsza od ponownego spawania.
  - 3) Poluzowane suporty otworów mocujących wzbudnika drgań lub zalegające w nich resztki materiałów mogą spowodować zniekształcenie fali przyspieszenia, dlatego każdy test powinien być poprzedzony sprawdzeniem stanu powierzchni do mocowania uchwytu.
  - 4) Do zamocowania uchwytu technologicznego na ruchomych powierzchniach wzbudnika drgań należy stosować możliwie największą liczbę śrub mocujących o podwyższonej klasie wytrzymałości. Śruby powinny być rozmieszczone blisko siebie i dokręcone z odpowiednim momentem obrotowym (dla systemu wibracyjnego firmy Unholtz-Dickie jest to wartość 34 Nm). Dodatkowo należy unikać podkładek sprężystych. Powyższe zabiegi pozwolą zapobiec występowaniu zjawiska rezonansu na zespole zaciskowym.
  - 5) Nawisanie uchwytów poza obrys głowicy wzbudnika drgań nie może przekroczyć wartości 50 mm ze względu na możliwą kolizję z wierzchnią obudową urządzenia. W przypadku przekroczenia dopuszczalnej granicznej wartości nawisania, uchwyt należy podciąć o grubość co najmniej 13 mm. Jeśli jednak nie ma możliwości zmodyfikowania istniejącego uchwytu technologicznego, jedynym rozwiązaniem jest zastosowanie podkładek dystansowych o grubości równej wartości podcięcia [3].
- rigidness of the clamping system. As the welding connections sometimes fail at consecutive cycles of applied loads, then they can be replaced by disconnected joints screwed by screws with the increased grade of strength. In the case when a joint is broken the replacement of fixing screws can be made significantly faster than a repeated welding.
- 3) The loosened supports of vibration inductor fastening holes or the remaining materials inside them may deform the shape of acceleration and for this reason the surface designed for fastening the handle has to be examined before each test.
  - 4) Possibly highest number of screws with increased strength has to be used for fastening the technological handle on the moving surfaces of the inductor of vibrations. The screws has to be placed close to each other and tightened by a suitable torque (for Unholtz-Dickie vibrating system it is 34 Nm). Moreover the use of spring washers is not recommended. The above mentioned steps may prevent the effects of resonance in the clamping system.
  - 5) The parts of handles cannot protrude more than 50 mm beyond the edge of the vibrations inductor to avoid any collision with the housing of the instrument. If the acceptable edge exceeding limit is crossed then the handle has to be undercut by the thickness of at least 13 mm. But, when the existing technological handle cannot be modified, then the application of spacing washers with the thickness of the undercutting value is the only solution [3].

### 3. Problemy związane z zamocowaniem akcelerometrów

Wykonanie odpowiedniego uchwytu technologicznego do badania odporności 120 mm naboju moździerzowych ma fundamentalne znaczenie i wpływa na możliwości prowadzenia testów. Niemniej właściwe funkcjonowanie systemu opiera się na dwóch rodzajach sygnałów – napięcia wyjściowego otrzymywanego ze wzmacniacza oraz przyspieszenia odbieranego przez przyspieszoniomierze, które są głównymi urządzeniami pomiarowymi. Ze względu na znaczny wpływ przyspieszoniomierzy na wydajność wzbudnika drgań poniżej przedstawiono istotne zasady umożliwiające ograniczenie lub całkowite uniknięcie błędów związanych z ich zamocowaniem i prawidłową eksploatacją:

- 1) Aby test wibracyjny przebiegał płynnie, a zakłócenia nie wymuszały dodatkowych przerw istotne są miejsca zamocowania przyspieszoniomierzy oraz strategia ich kontroli podczas obsługi systemu. Umieszczanie przyspieszoniomierzy sterujących w pobliżu występowania węzłów lub korbów powoduje napędzanie systemu wzbudnika do momentu utrzymania sygnału w zadanym paśmie, a tym samym do generowania niebezpiecznych przeciążeń dla systemu wibracyjnego.
- 2) Prawidłowy sposób ustawienia przyspieszoniomierzy polega na zachowaniu zgodności ich osi czułości z kierunkiem mierzonych drgań. Czujniki przyspieszenia mocuje się do płaskich powierzchni uchwytu technologicznego, bądź wzbudnika drgań za pomocą podkładek magnetycznych lub poprzez ich bezpośrednie przyklejenie. Przewody sygnałowe powinny przebiegać prosto, ze szczególnym zwróceniem uwagi na ich ułożenie w pobliżu czujnika. Aby było to możliwe należy mocować je taśmą klejącą, co pozwoli zapobiec występowaniu zakłóceń tryboelektrycznych.
- 3) Nieodpowiednie miejsce zamocowania przyspieszoniomierzy wpływa na wyniki

### 3. Problems of Accelerometers Fixation

Fabrication of suitable technological handle has a fundamental meaning for testing the resistance of 120 mm mortar cartridges. But finally, the proper operation of the system is based on two types of signals – the output voltage received from the amplifier, and the acceleration measured by the accelerometers which are the main measurement instruments. As the accelerometers have a significant influence into the efficiency of the vibrations inductor, some essential principles for limitation or complete elimination of errors connected with their fastening and proper use are presented below:

- 1) Places for fastening the accelerometers and the strategy of their supervision are essential at handling the system to secure the smooth testing without any pauses enforced by additional disturbances. Placing the controlling accelerometers in the vicinity of nodes or beatings makes the system of inductor is driven until the signal within the specific range is received, what may cause dangerous overloads of the vibrating system.
- 2) Proper way for configuration of the accelerometers is based on preserving the compliance of their axes of sensitivity with the directions of measured vibrations. The acceleration sensors are fixed into flat surfaces of the technological handle by using magnetic washers or by direct sticking. Signal wires have to be set straight and special care has to be applied in the vicinity of a sensor. For this reason they has to be fastened by a sticking tape what can prevent the existence of triboelectric interferences.
- 3) Improper place of fixing the accel-

pomiarów drgań poprzez obniżenie częstotliwości rezonansowej, co prowadzi do zmniejszenia użytecznego zakresu częstotliwości czujnika przyspieszenia. Aby uniknąć błędów pomiarowych, przy wyborze przyspieszeniomierzy należy kierować się ich maksymalnym zakresem częstotliwości, a podczas pomiaru powinno się ustawiać odpowiednie filtry dolnoprzepustowe.

- 4) W przypadku badań w płaszczyźnie poziomej (na stole ślizgowym połączonym z głowicą wzbudnika za pomocą magnetycznego łącznika) uzyskanie żądanych zakresów testów wibracyjnych jest łatwiejsze, jeśli czujnik sterujący oraz badany 120 mm nabój umieszczony w uchwycie technologicznym są zamocowane na końcu płyty ślizgowej, możliwie najdalej od ruchomych elementów wzbudnika [4].

#### 4. Opis badania wibracyjnego

erometers affects the results of vibration measurements through reduction of resonance frequency and decreases the efficient range of frequencies of an acceleration sensor. The measurement errors can be avoided when the accelerometers are selected according to their maximal range of frequencies, and some low band passing filters are used during the measurement.

- 4) When the tests are carried out in the horizontal plane (on the sliding table connected with inductor's head via a magnetic connector), the required bands of vibrating tests can be easier obtained if the controlling sensor and tested 120 mm cartridge placed in the technological handle are fixed at the end of the sliding plate, as far as possible from the moving components of the inductor [4].

#### 4. Description of Vibration Test



**Rys. 1. Magazyn amunicyjny montowany w moździerz RAK [1]**

*Fig. 1. Ammunition magazine integrated in RAK mortar [1]*

Badanie odporności 120 mm naboju moździerzowych na drgania sinusoidalne wymusza zastosowanie uchwytu technologicznego odzwierciedlającego rzeczywiste warunki panujące wewnątrz samobieżnego moździerza RAK, w którym amunicja będzie przewożona,

Testing the resistance of 120 mm mortar cartridges against sinusoidal vibrations enforces the application of the technological handle reconstructing the real conditions existing inside the self-propelled mortar RAK where the ammunition is

pobierana z magazynu, przeładowywana do komory naboju i wystrzeliana. Magazyn amunicyjny montowany w przedziale bojowym moździerza RAK przedstawiono na rysunku 1.

W celu uzyskania prawidłowego przebiegu testu sinusoidalnego, a co za tym idzie sprawdzenia odporności 120 mm naboju moździerzowych istnieje konieczność odpowiedniego dopasowania uchwytu technologicznego będącego elementem pośrednim pomiędzy urządzeniem wibracyjnym, a badaną próbką.

Zarówno wewnątrz magazynu amunicyjnego jak i po załadowaniu do komory naboju moździerza RAK, 120 mm naboje są podparte w dwóch miejscach – na zgrubieniu środkowym i okuciu metalowym. W odniesieniu do zapisów normy i braku pełnej możliwości mocowania próbki zgodnie z rzeczywistymi warunkami, wariantem po zastosowaniu którego istnieje największe prawdopodobieństwo uszkodzenia próbki jest jej podparcie w miejscach zbliżonych do eksploatacyjnych oraz jej narażenia w osi poprzecznej względem ruchu wzbudnika drgań. W związku z tym pierwotną wersję oprzyrządowania wykonano tak, aby nabój był podparty na okuciu metalowym (zgodnie z rzeczywistymi warunkami eksploatacji) oraz na stożkowej części początku naboju zapobiegającej przesunięciu próbki względem osi wzdłużnej uchwytu.

Testy mechaniczne sprawdzające odporność 120 mm naboju moździerzowych na drgania sinusoidalne przeprowadzono za pomocą systemu do badań wibracyjnych wyposażonego w elektromagnetyczny wzbudnik drgań firmy Unholtz-Dickie. Podczas badań wibracyjnych próbkę za pośrednictwem uchwytu technologicznego zamocowano zarówno na głowicy jak i na stole ślizgowym urządzenia. Nabój do badań wibracyjnych ukompletowano: 120 mm balistyczny pocisk moździerzowy odłamkowo-burzący OF, makietę masową za-

transported, taken from the magazine, and loaded into the cartridge chamber, and fired. The ammunition magazine integrated inside the combat compartment of RAK mortar is shown in figure 1.

The proper running of sinusoidal testing, and above all checking the resistance of 120 mm mortar cartridges, requires the suitably matched technological handle which is a transitional component between the vibrating device and the tested sample.

The 120 mm cartridges, placed both in the ammunition magazine and in the RAK mortar chamber after loading, are supported in two points – on the central thickening and on the metallic fitting. Regarding the text of the standard and the lack of full compliance with fixing the sample in real conditions, there is an option giving the highest probability of damaging the sample when it is supported in places which are similar to those used in reality and is enforced along the traverse axis to the motion of the vibrations inductor. Regarding the above, in the original version of the setup the cartridge was supported on the metallic fitting (in accordance with real conditions) and on the conical frontal part of the cartridge preventing any displacement of the sample against the main axis of the handle.

The mechanical tests checking the resistance of 120 mm mortar cartridges against sinusoidal vibrations were carried out by using the vibrating system equipped with the electromagnetic inductor of vibrations manufactured by Unholtz-Dickie. The sample was fixed during the tests both to the head and to the sliding table of the instrument. The cartridge was prepared for vibration tests in following way: 120 mm ballistic high-explosive mortar round OF, weight mock-up of the fuse, metallic fitting, ignitor, main propelling charge, and



palnika, okucie metalowe, zapłonnik, ładunek miotający zasadniczy oraz ładunki miotające dodatkowe zmienne.

Próbkę odporną na drgania sinusoidalne uznaje się wówczas, gdy przejdzie ona w pełni wartościowy test wibracyjny, na którego przebieg decydujący wpływ ma konstrukcja uchwytu technologicznego. Stąd kryterium oceny są parametry wyszczególnione w tabeli 1, którym musi sprostać zarówno oprzyrządowanie technologiczne jak i próbka. Prawidłowo przeprowadzony test powinien przebiegać bez zakłóceń i przerw, co głównie jest związane z występowaniem rezonansów, których można uniknąć przez dopracowanie uchwytu technologicznego. Po każdym zaliczonym teście badana próbka jest poddawana sprawdzeniu. Wówczas dokonuje się weryfikacji połączeń elementów naboju i wizualnej ocenie próbki.

Podczas testu odporności na drgania sinusoidalne stosuje się co najmniej dwa akcelerometry, z których pierwszy umieszczony centralnie względem najdłuższego boku płyty uchwytu technologicznego stanowi czujnik sterujący, natomiast drugi umieszczony przy końcu tej płyty pełni rolę czujnika kontrolnego. Dzięki przyspieszoniomierzowi sterującemu możliwa jest wymiana sygnałów wejściowych i zwrotnych ze wzmacniaczem napięcia, odpowiedzialna za sterowanie systemem. Rolą czujnika kontrolnego jest rejestracja sygnałów zwrotnych w celu sprawdzenia przebiegu testu oraz wpływu narażeń mechanicznych w innym miejscu uchwytu technologicznego [6].

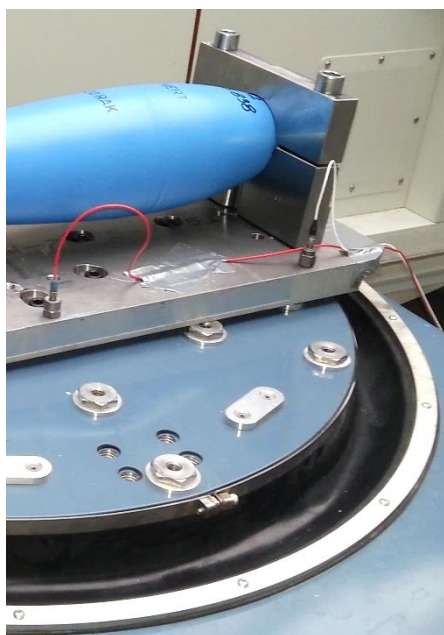
Do badania użyto piezoelektryczne przyspieszoniomierze (firmy Endevco – akcelerometr sterujący i firmy Dytran – akcelerometr kontrolny), które przyklejono do płyty bazowej uchwytu za pomocą kleju szybkoschnącego. Miejsca zamocowania przyspieszoniomierzy przedstawiono na rysunku 2.

added changeable propelling charges.

The sample is classified as resistant to sinusoidal vibrations when it passes the entirely validated vibration test which strongly depends on the design of the technological handle. Hence, the parameters specified in table 1 are the criterium of evaluation, and both the technological equipment and the sample have to comply with it. Properly executed test has to run without any disturbances and pauses, and it is mainly connected with the existence of resonances what can be avoided by a fine development of the handle. The tested sample is investigated after each passed testing. Then, the connections of the cartridge are verified, and the sample is evaluated visually.

At least two accelerometers are used at the tests of resistance to sinusoidal vibrations, and the first of them is the controlling sensor and is placed in the central position against the longest side of the technological handle plate, whereas the second one is placed at the end of this plate as the checking sensor. The use of controlling accelerometer provides the flow of input and returning signals into the voltage amplifier responsible for control of the system. The checking sensor is used to record the returning signals in order to examine the run of the test and to detect the influence of mechanical loads in another part of the technological handle [6].

Piezoelectric accelerometers (Endevco – controlling accelerometer, and Dytran – checking accelerometer) were used for testing by sticking them to the basic handle plate with a rapidly sticking glue. The places where the accelerometers were fixed are shown in Fig. 2.

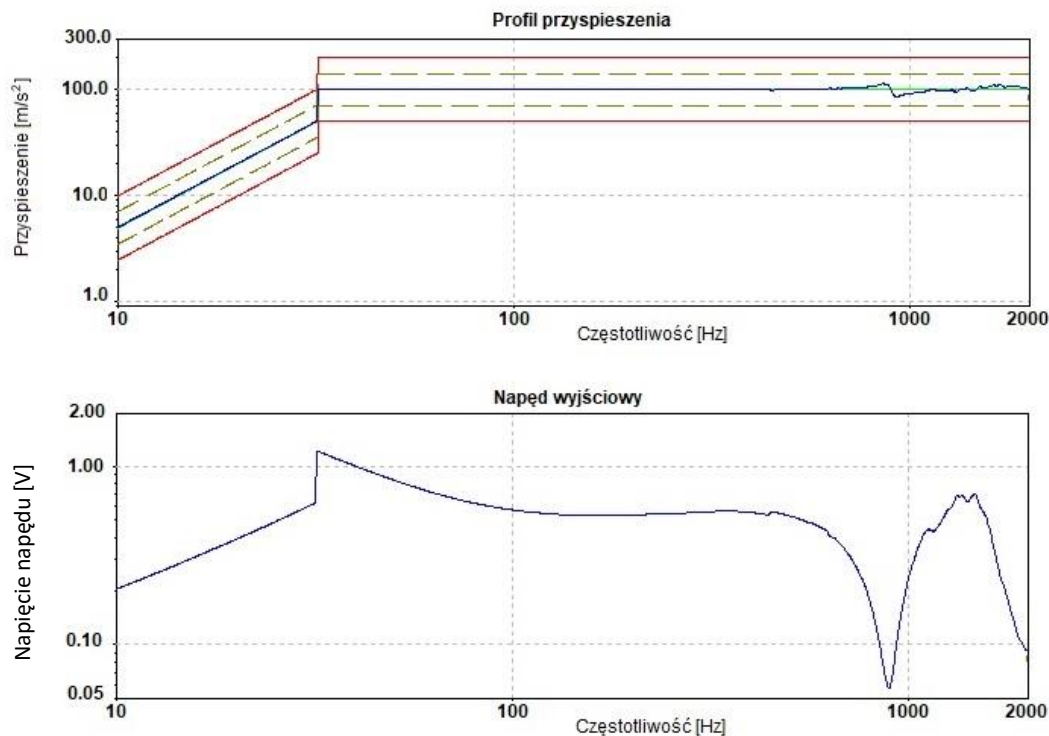


**Rys. 2. Miejsca zamocowania przyspieszeniomierzy**

*Fig. 2. Places of fixing the accelerometers*

Testy wibracyjne o parametrach zgodnych z wytycznymi Normy Obronnej przeprowadzono za pośrednictwem oprogramowania komputerowego Medallion II. Wzorcowe wykresy przebiegu testu nieobciążonej głowicy wzbudnika drgań, umożliwiające porównanie testu z zamocowanym uchwytem oraz z uchwytem i badanym 120 mm nabojem przedstawiono na rysunku 3. Pierwszy z wykresów, przyspieszenia od częstotliwości, odnosi się do przebiegu testu wibracyjnego. Niebieska linia określa sygnał zwrotny rejestrowany przez czujnik sterujący, który niemal w całości pokrywa się z parametrami zadanymi stanowiącymi linię zieloną. Zakres tolerancji prawidłowego testu określa przerywana żółta linia, natomiast przejście sygnału poza linię czerwoną wiąże się z wystąpieniem zakłóceń w postaci rezonansów i opuszczeniem tolerancji dopuszczalnej. Drugi z wykresów, napięcia od częstotliwości, przedstawia charakter pracy urządzenia i jego zapotrzebowanie na energię elektryczną w zadanym paśmie.

Computer code Medallion II was used for vibration tests according to the Defence Standard. The reference testing signals for the unloaded vibration inductor head were recorded to compare them with testing at fastened handle, and with the handle and tested 120 mm cartridge, and are shown in Fig. 3. The first curve relating to acceleration versus frequency corresponds to the run of the vibration test. The blue line is for the return signal recorded by the controlling sensor and it is almost identical with the enforced parameters represented by the green line. The margin of tolerances for the proper test is marked by the dashed yellow line, whereas the trespassing of the signal against the red line is connected with the existence of interferences and the lack of acceptable tolerances. The second graph for voltage versus frequency represents the character of system operation and consumption of electric energy within the specific band.



**Rys. 3. Wykresy zależności przyspieszenia i napięcia od częstotliwości dla testu nieobciążonej głowicy wzbudnika**

**Fig. 3. Graphs of acceleration and voltage versus frequency for the unloaded inductor head**

Przyspieszenie – Acceleration

Profil przyspieszenia – Profile of acceleration

Napięcie napędu – Driving voltage

Napęd wyjściowy – Output drive

## 5. Projekt uchwytu i wyniki badań

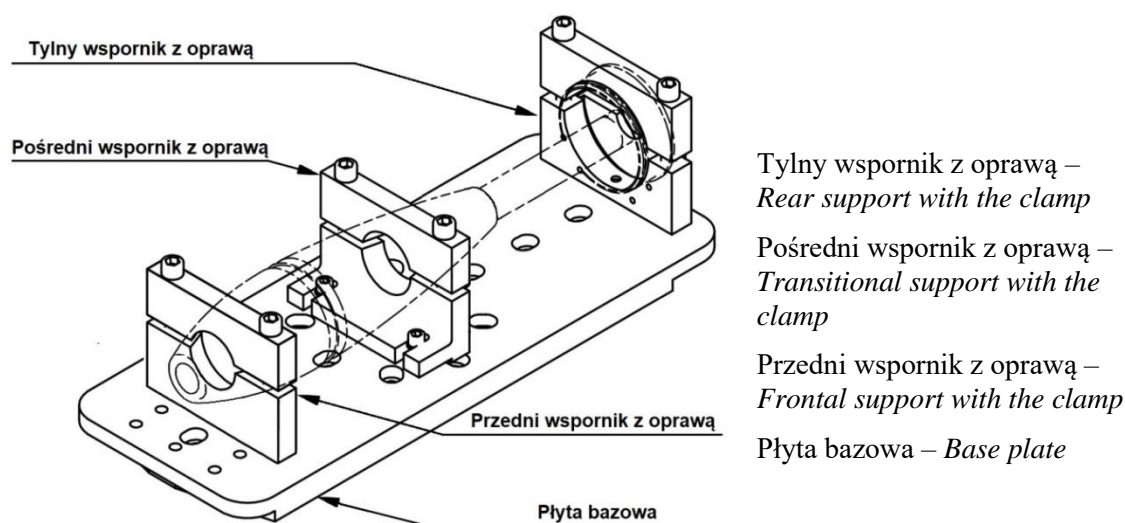
W skład oprzyrządowania technologicznego umożliwiającego zamocowanie 120 mm naboju moździerzowego na wzbudniku drgań i przeprowadzenie badania odporności na drgania sinusoidalne wchodzi płyta bazowa oraz dodatkowe elementy podpierająco-mocujące. Docelowy projekt po przeprowadzeniu wszystkich wibracyjnych testów sprawdzających został przedstawiony na rysunku 4.

Do uzyskania ostatecznej wersji zaprezentowanego uchwytu (rys. 4) wykonano wiele zabiegów konstrukcyjnych i technologicznych potwierdzonych prawidłowym (pozbawionym występowania rezonansów) przebiegiem testu wibracyjnego.

## 5. Design of Handle and Results of Tests

The base plate and additional supporting and holding components belong to technological equipment fixing 120 mm mortar cartridge on the vibration inductor at testing the resistance to sinusoidal vibrations. The final design developed after execution of all checking vibration tests is shown in Fig. 4.

A lot of design and technological actions were made to get the final version of the presented handle (Fig.4) which secures the proper run of the vibration test (without any resonances).

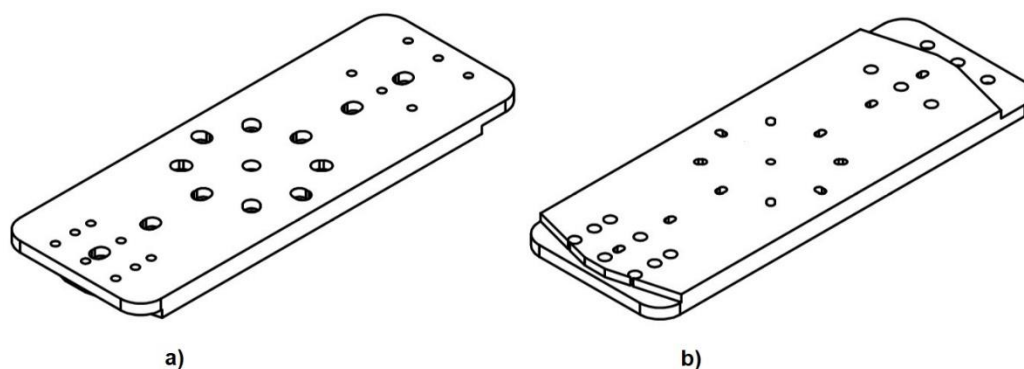


**Rys. 4. Docelowy projekt uchwyty technologicznego**

**Fig. 4. Final design of technological handle**

Podstawowy element uchwyty technologicznego stanowiła płyta bazowa o wymiarach: 765 x 280 x 34 mm wykonana ze stopu aluminium typu 2017A. W płycie wywiercono trzynaście gniazd umożliwiających jej zamocowanie do suportów na głowicy wzbudnika i w otworach stołu ślizgowego wzbudnika. Dodatkowo w płycie zastosowano podcięcia na wysokości 14 mm o kształcie zapewniającym bezpieczną pracę wzbudnika, co było związane z nawisaniem uchwyty poza obrys głowicy. Aby obniżyć koszty związane z wykonaniem kilku uchwyty technologicznych, wywiercono w płycie dodatkowe otwory, które umożliwiają montaż suportów na różnych odległościach, przeznaczonych do badania różnych typów 120 mm naboju miedzianych takich jak odłamkowo-burzące z pociskami OF i HE oraz naboje oświetlające i dymne. Płyta bazowa w widoku z góry oraz z dołu została przedstawiona na rysunkach 5a i 5b.

The base plate made of aluminium alloy 2017A and size 765 x 280 x 34 mm was a main component of the technological handle. Thirteen holes were drilled in the plate to fix it to the supports placed in the head of the inductor and in the holes of the inductor's sliding table. Additionally, the 14 mm undercuts having the shape securing the safe operation of the inductor were made in the plate as the handle protrudes over the contour of the head. In order to reduce the costs connected with preparation of few technological handles some additional holes were made in the plate for fastening the supports at different distances to test various types of 120 mm mortar cartridges such as the high explosive with the rounds OF and HE, and illumination and smoke rounds. The top and bottom view of the base plate is presented in figures 5a and 5b.



**Rys. 5. Płyta bazowa: a) - widok z góry, b) – widok z dołu**

**Fig. 5. Base plate: a) – top view, b) – bottom view**

Pierwotnie płyta bazowa składała się z dwóch wsporników o wymiarach 200 x 30 x 80 mm (wykonanych ze stali chromowej 41Cr4) umożliwiających podparcie 120 mm naboju moździerzowego na początku pocisku i na okuciu metalowym. Miejsca podparcia stanowiły odwzorowanie stykających się powierzchni naboju z komorą naboju oraz przewodem lufy. Celowe umieszczenie przedniego wspornika tuż przed pierścieniem wiodąco-uszczelniającym wymagało stożkowego wyprofilowania powierzchni stykającej, co uniemożliwiało przemieszczenie się pocisku względem osi wzdłużnej.

Przedni i tylny wspornik wyposażono w oprawy dociskowe wykonane ze stali chromowej 41Cr4, z dwoma otworami przelotowymi. Wymiary opraw, nieznacznie się różniły i wynosiły 200 x 30 x 80 mm dla oprawy tylnej i 200 x 30 x 70 mm dla oprawy przedniej [9]. Odpowiedni kształt opraw umożliwiał stabilny docisk i odebranie pozostałych stopni swobody naboju moździerzowego takich jak obrót oraz przemieszczenie względem osi poprzecznej. Do połączenia zarówno przedniego, jak i tylnego wspornika z płytą bazową użyto trzech śrub, które zostały wkręcone od dołu płyty. Płyta miała otwory przelotowe, natomiast wsporniki nagwintowane otwory nieprzelotowe, umożliwiające wkrę-

The base plate firstly consisted of two supports with size 200 x 30 x 80 mm (made from the chromium steel 41Cr4) for supporting 120 mm mortar cartridge at the front of the round and at the metallic fitting. Places of support reconstructed the surfaces of the cartridge contacting with the cartridge chamber and the barrel bore. Position of the frontal support before the guiding-sealing ring was taken intentionally and required a conical profiling of contacting surface to prevent any displacement of the round along the main axis.

Frontal and rear supports have the tightening clamps made of chromium steel 41Cr4 with two full holes. Dimensions of the clamps were slightly different: 200 x 30 x 80 mm for the rear clamp and 200 x 30 x 70 mm for the front clamp [9]. Suitable shape of the clamps provided a stable fixation and elimination of other degrees of freedom such as rotation and displacement along the lateral axis. Both the frontal and rear support were connected with the base plate by three screws which were driven into from the bottom of the plate. The plate has the through holes and the supports have partial holes for screwing the screws with the cylindrical heads and hexagonal nest M12 with the length 40 mm for two

cenie śrub z łbem walcowym i gniazdem sześciokątnym M12 o długościach 40 mm dla dwóch skrajnych śrub i 20 mm dla śruby położonej centralnie. Dodatkowo w górnej części wsporników wykonano dwa nagwintowane otwory nieprzelotowe umożliwiające połączenie z oprawami dociskowymi za pomocą śrub z łbem walcowym i gniazdem sześciokątnym M16 o długości 120 mm i o klasie wytrzymałości 12.9 [5]. Wszystkie śruby łączące poszczególne części uchwyty technologicznego dokręcono ręcznym kluczem. Projekt wstępnego uchwyty przed badaniami mechanicznymi przedstawiono na rysunku 6.



**Rys. 6. Projekt wstępnego uchwyty technologicznego**

**Fig. 6. Initial design of technological handle**

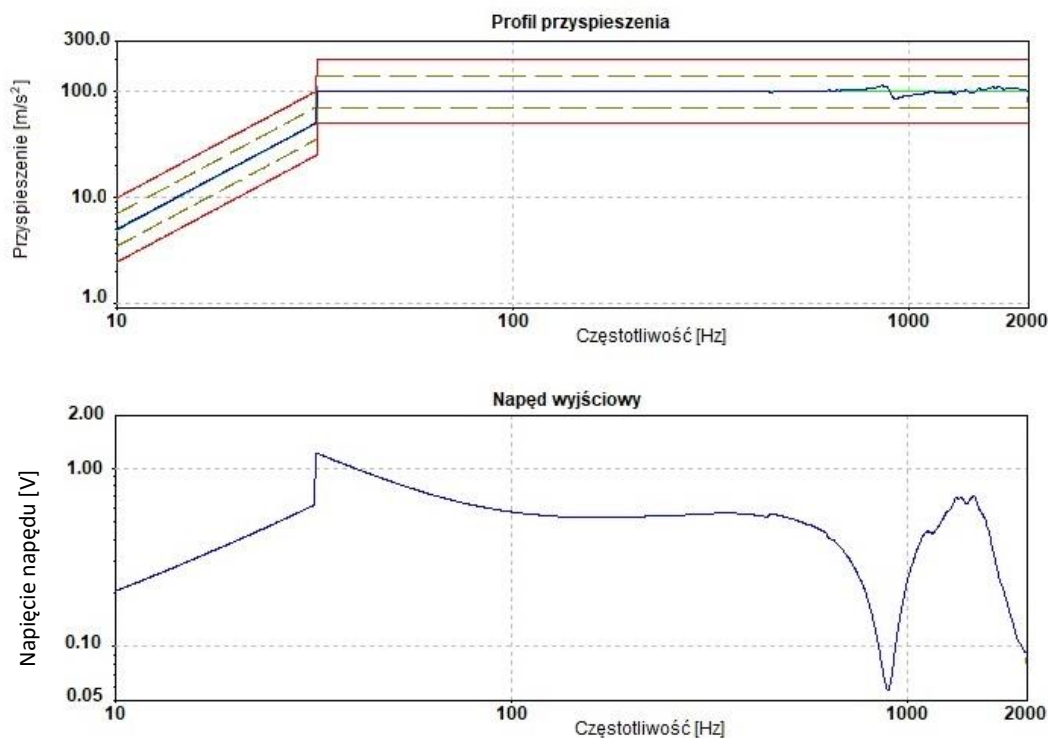
Do zamocowania płyty na wzbudniku drgań użyto śrub z łbem walcowym i gniazdem sześciokątnym M10 o długości 40 mm i klasie wytrzymałości 12.9 oraz podkładek okrągłych. Śruby dokręcono kluczem dynamometrycznym z uwzględnieniem momentu obrotowego o wartości 34 Nm.

W celu weryfikacji prawidłowości wykonania uchwyty przeprowadzono również test wibracyjny samego uchwyty (ukompletowanego w przedni i tylny wspornik bez opraw) zamocowanego na głowicy wzbudnika. Przebieg testu zamieszczono na rysunku 7.

external screws, 20 mm for the central one. Additionally, in the upper part of supports two threaded partial holes were made for connecting the tightening clamps by the screws with the cylindrical head and hexagonal nest M16, and the length 120 mm, and the strength grade 12.9 [5]. All screws connecting particular components of the handle were tightened by a hand wrench. Initial design of the handle before the mechanical test is presented in Fig. 6

The plate was fixed to the inductor of vibrations by the screws M10 with cylindrical head and round washers, and hexagonal nest, having the length of 40 mm and the grade of strength 12.9. The screws were tightened by a dynamometric wrench with the torque of 34 Nm.

In order to verify the correctness of the handle design the vibrating test of the mere handle (including the frontal and rear support without clamps) was performed, as well. The course of the test is represented in figure 7.



**Rys. 7. Wykresy zależności przyspieszenia i napięcia od częstotliwości dla testu uchwytu technologicznego**

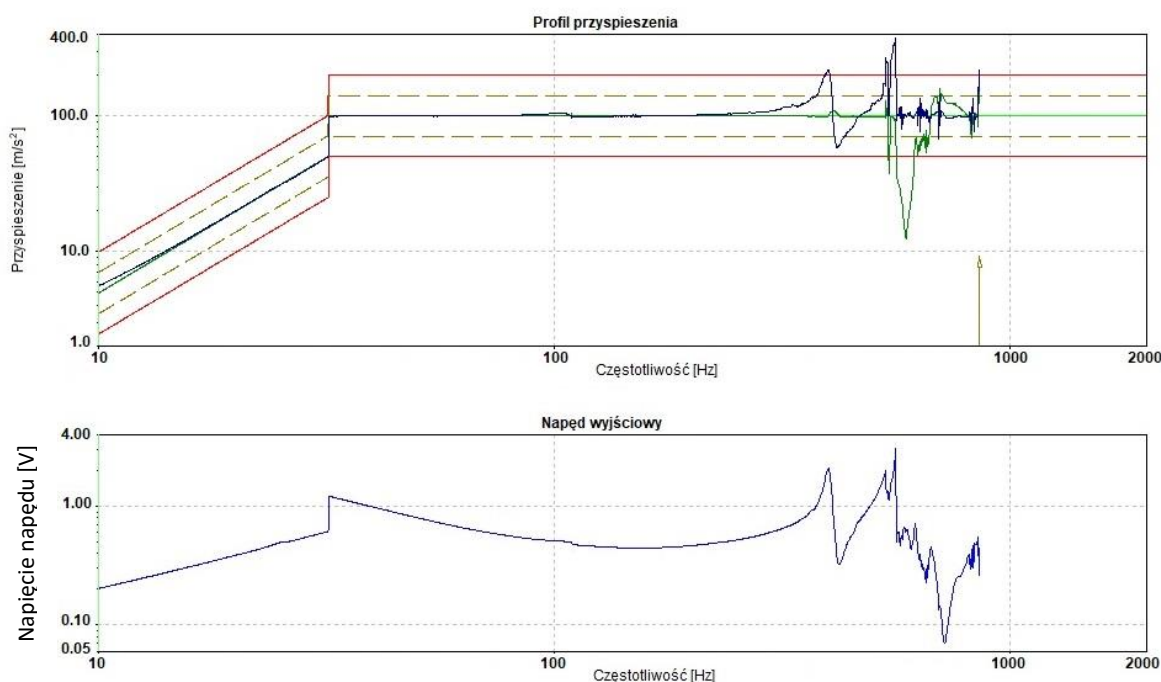
**Fig. 7. Course of acceleration and voltage dependencies on frequency for technological handle test**

Pierwsze testy wibracyjne w pełni ukończonego 120 mm naboju moździerzowego odbyły się na głowicy wzbudnika drgań. Podczas badań doszło do zakłócenia właściwego przebiegu testu wskutek wystąpienia silnych rezonansów. Sygnał z czujnika sterującego wyszedł poza zakres górnej, dopuszczalnej tolerancji, natomiast po ustawieniu czujnika kontrolnego jako sterującego sygnał znajdował się poniżej zakresu dolnej dopuszczalnej tolerancji. Powyższe zjawiska doprowadziły do zatrzymania urządzenia i przerwania testu co przedstawiono na rysunku 8.

Pierwszą zaobserwowaną przyczyną wystąpienia zakłóceń było rozczepienie ładunków miotających dodatkowych zmiennych, założonych wokół trzonu stabilizatora pocisku. Spośród dwunastu elementów wchodzących w skład ładunku pełnego, ponad połowa spadła i leżała na płycie bazowej uchwytu technologicznego lub w jego pobliżu.

First vibration tests for a fully complete 120 mm mortar cartridge were carried out on the vibration inductor head. During these tests the proper course of testing was disturbed by strong resonances. The signal from the controlling sensor exceeded the upper tolerance limit, and after setting the checking sensor as the controlling one, the signal was below the bottom acceptable tolerance. These effects stopped the operation of the system and interrupted the testing what is shown in Fig. 8.

The first observed reason of disturbances was a disconnection of the added changeable propelling charges placed around the stem of the projectile stabiliser. Among twelve components of the complete charge more than a half of them fell down into the base plate of the technological handle, or in its vicinity.



**Rys. 8. Wykresy zależności przyspieszenia i napięcia od częstotliwości dla niedokończonego testu 120 mm naboju**

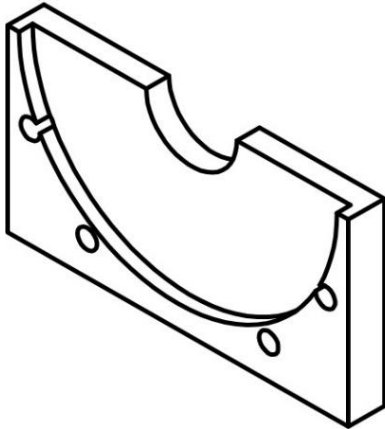
*Fig. 8. Course of acceleration and voltage dependencies on frequency for interrupted test of 120 mm round*

Analizując możliwe przemieszczenia 120 mm naboju względem uchwytu zauważono, że nabój był poprzecznie blokowany w miejscach podparcia, natomiast wzdłużnie jedynie przez odpowiednie wyprofilowanie wspornika oraz oprawy przedniej. W związku z tym, wyeliminowanie przemieszczenia względem osi wzdłużnej w przypadku wspornika tylnego było możliwe dzięki zastosowaniu dodatkowej płytki oporowej, stykającej się z powierzchnią czołową okucia. W płytce oporowej o wymiarach 150 x 16 x 80 mm wykonano wybranie, aby zapobiec tarciu z zapłonikiem, w celu uniknięcia ewentualnego zapłonu. Połączenie wspornika tylnego z płytką oporową zostało wykonane za pomocą czterech śrub z łbem walcowym i gniazdem sześciokątnym M8 o długości 30 mm. Pojedynczą płytkę oporową przedstawiono na rysunku 9, natomiast płytkę połączoną z zespołem unieruchamiającym nabój od strony okucia

Analysing possible displacements of 120 mm round against the handle, it was noted that it was blocked in the places of support for the lateral direction, whereas in the longitudinal direction it was only blocked by the suitable profiling of the frontal support and clamp. Regarding it, the elimination of the displacement along the main axis was achieved for the rear support by using an additional resistance plate sticking to the head surface of the fitting. A part of the resistance plate having the size 150 x 16 x 80 mm was removed to avoid any friction against the igniter, and in consequence a possible detonation. Connection of the rear support to the resistance plate was made by four M8 screws with cylindrical heads and hexagonal nests, and the length of 30 mm. An individual resistance plate is shown in Fig. 9, and the plate assembled into the unit immobilising the round from the side of the



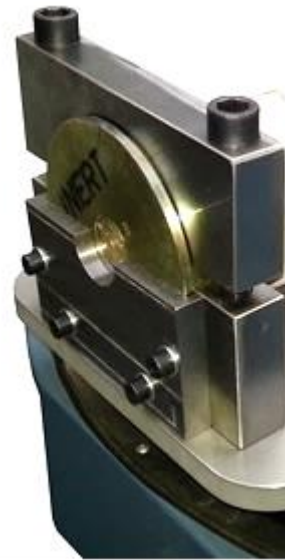
pokazano na rysunku 10.



**Rys. 9. Płytkę oporową wspornika tylnego**  
**Fig. 9. Resistance plate of the rear support**

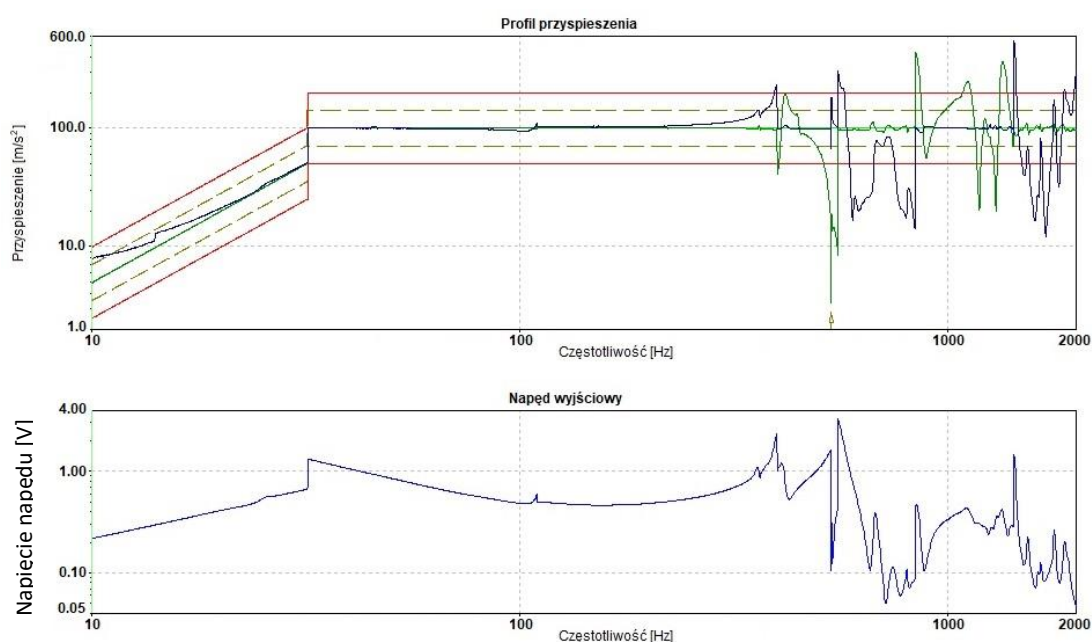
Zastosowanie płytki oporowej, mającej na celu zwiększenie sztywności połączenia okucia metalowego z trzonem stabilizatora pocisku nie wpłynęło znacząco na poprawę przebiegu testów wibracyjnych, podczas których nadal dochodziło do rezonansów, uniemożliwiających przejście testu w zadanych pasmach. Ładunki miotające dodatkowe zmienne w dalszym ciągu spadały z trzona stabilizatora, więc w celu bezpiecznego sprawdzenia przebiegu testu w całym zakresie częstotliwości ładunki zostały zdjęte. Podczas testu 120 mm naboju móżdżerowego bez ładunków dodatkowych zmiennych również dochodziło do silnych rezonansów. Kilukrotnie zmieniano charakter pracy czujników z sterującego na kontrolny i na odwrót. Niejednokrotnie urządzenie wyłączało się lub blokowało sygnał, co wymagało kolejnego wznowienia w miejscu zatrzymania. Po napotkaniu wielu trudności uzyskano przebieg testu, który przedstawiono na rysunku 11.

fitting is presented in Fig. 10.



**Rys. 10. Wspornik tylny z płytką oporową**  
**Fig. 10. Rear support with the resistance plate**

The application of the resistance plate was aimed to increase the stiffness of the joint between the metallic fitting and the stem of projectile stabiliser, but it does not work for significant improvement of the course of vibration tests as the resonances still have occurred and the test was not passed on some bands. The added changeable propelling charges still fell down from the stabiliser's stem, and they were removed to examine the test on the whole band of frequencies. When the 120 mm mortar cartridge was tested without added changeable charges the strong resonances were still happening. The functions of controlling and checking sensor were replaced a few times. Many times the system was off or the signal was blocked what required a consecutive restarting from the place of interruption. After coping with many difficulties the course of test presented in Fig. 11 was received.



**Rys. 11. Wykresy zależności przyspieszenia i napięcia od częstotliwości dla testu 120 mm naboju bez ładunków dodatkowych zmiennych**

**Fig. 11. Graphs of acceleration and voltage dependencies on frequency for 120 mm cartridge without added changeable charges**

Występowanie silnych rezonansów potwierdzonych przechodzeniem sygnałów z czujników zarówno sterującego, jak i kontrolnego poza zakres dopuszczalnych tolerancji, zatrzymanie się testów, wyłączenie wzbudnika drgań oraz konieczność zastosowania wielu zabiegów związanych ze sterowaniem systemu wibracyjnego dowiodło, że dotychczasowa konstrukcja uchwytu technologicznego nie jest wystarczająca. W związku z powyższym dodano trzeci punkt podparcia 120 mm naboju moździerzowego (pomiędzy dwoma dotychczasowymi) w postaci pośredniego wspornika i oprawy. Aby nie dopuścić do zmniejszenia miejsca potrzebnego do swobodnego założenia ładunków miotających dodatkowych zmiennych i celowego zablokowania ich ewentualnego przemieszczenia podczas badań zrezygnowano z umieszczenia wspornika pośredniego na trzonie stabilizatora.

Wspornik ulokowano na stożkowej części naboju, co pomogło w usztywnieniu układu

The existence of strong resonances confirmed by crossing acceptable limits of tolerance for signals flowing both from the controlling and checking sensors, and interruption of tests, and switching off of the vibrations inductor, and a necessity for using many actions connected with the control of the vibrating system, have proved that the design of the technological handle is unsatisfactory one. Regarding the above, a third support with the clamp was added (between two existing ones) for 120 mm mortar cartridge. The transitional support was not set on the shaft of the stabiliser in order to avoid diminishing of the space needed for easy implementation of added changeable propelling charges, and intentional arresting their possible displacement at testing.

The support was placed on the conical part of the round what boosted the stiffness of projectile-handle system in the lateral axis and decreased the burden exerted into the

popisek – uchwyt technologiczny w osi poprzecznej oraz odciążeniu płytki oporowej wspornika tylnego w osi wzdłużnej. Ze względu na kolejność mocowania wspornika pośredniego (po umieszczeniu naboju w skrajnych wspornikach) zastosowano w jego budowie podstawę umożliwiającą maksymalny poprzeczny docisk. Górna część wspornika o wymiarach 200 x 27 x 75 mm i jego podstawa o wymiarach 200 x 77 x 25 mm zostały wykonane z jednego półfabrykatu ze stali chromowej 41Cr4 w celu uzyskania maksymalnej sztywności części [9]. Do połączenia wspornika z płytą bazową uchwytu użyto dwóch śrub z łbem walcowym i gniazdem sześciokątnym M12 o długości 50 mm i o klasie wytrzymałości 12.9, które wkręcono w nagwintowane otwory przelotowe płyty. Dobór długości śrub uwzględniał wysokość płyty bazowej, której przekroczenie mogłoby uszkodzić powierzchnię roboczą wzbudnika umożliwiającą zamocowanie uchwytu technologicznego. Pośrednią oprawę, wykonaną ze stali chromowej 41Cr4, o wymiarach 200 x 27 x 60 mm i kształcie zapewniającym stabilny docisk badanej próbki, połączono za pomocą dwóch śrub z łbem walcowym i gniazdem sześciokątnym M16 o długości 120 mm, które wkręcono w dwa nagwintowane otwory nieprzelotowe w górnej części wspornika [5]. Wszystkie śruby łączące poszczególne części uchwytu technologicznego dokręcono ręcznym kluczem.

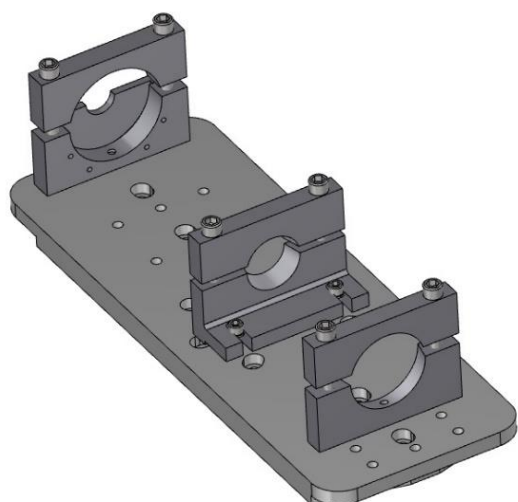
Projekt uchwytu technologicznego z trzema miejscami podparcia naboju przedstawiono na rysunku 12.

Po wprowadzeniu zmian w konstrukcji uchwytu technologicznego przeprowadzono test wibracyjny w pełni ukończonego 120 mm naboju młotkowy na głowicy wzbudnika drgań. Zamocowanie naboju w uchwycie i uchwytu na urządzeniu przedstawiono na rysunku 13.

resistance plate of the rear support along the longitudinal axis. Because of the sequence for assembling the transitional support (after placing the cartridge in the external supports) a base was used in its design to provide a maximal lateral tightening. The upper part of the support with size 200 x 27 x 75 mm and its base with size 200 x 77 x 25 mm were made of one piece of chromium steel 41Cr4 to get the maximal rigidity of the unit [9]. The support was connected with the base plate by two screws M12 with cylindrical head and hexagonal nest, and the length of 50 mm and the strength grade 12.9, which were screwed into the threaded holes of the plate. Selection of the screws length was matched to the thickness of the base plate to prevent any damage of inductor working surface for fixing the technological handle. The transitional clamp with dimensions 200 x 27 x 60 mm was made of chromium steel 41Cr4 in the shape securing a firm clamping of tested sample and was connected by two screws M16 with cylindrical heads and hexagonal nests, and the length 120 mm which were screwed into two closed threaded holes in the upper part of the clamp [5]. All screws connecting particular components of the technological handle were tightened by a hand wrench.

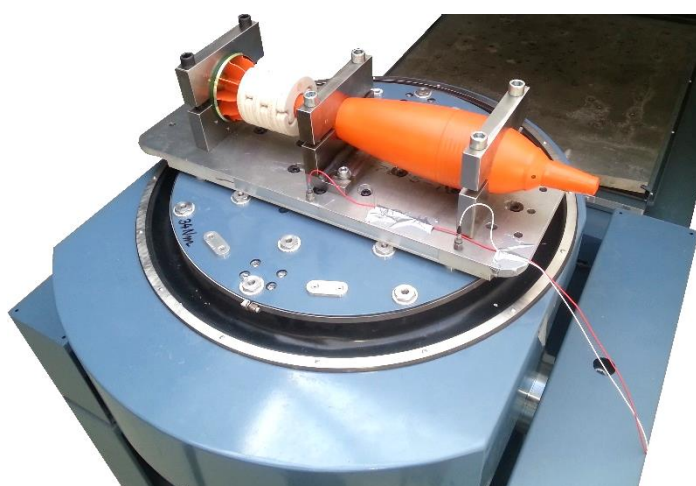
A proposed design of the technological handle with three places of cartridge support is presented in Fig. 12.

After introduction of changes into the design of the technological handle the vibration test was performed on the vibrations inductor head for a fully complete 120 mm mortar cartridge. Fixation of the cartridge in the handle, and the handle itself on the system is shown in Fig. 13.



**Rys. 12. Projekt uchwyty technologicznego z trzema miejscami podparcia naboju**

*Fig. 12. Design of technological handle with three places of support for the cartridge*



**Rys. 13. Zamocowanie uchwyty po zmianach konstrukcyjnych na głowicy wzбудnika drgań**

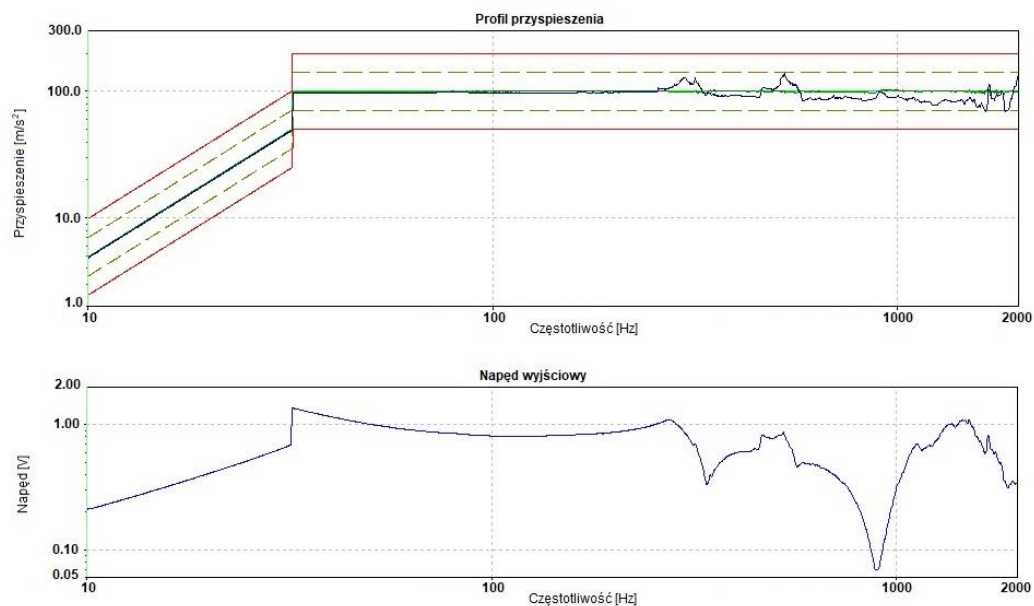
*Fig. 13. Fixation of the handle on the vibrations inductor head after structural changes*

Test wibracyjny przebiegł bez zakłóceń, a sygnały z czujnika sterującego mieściły się w zadanych pasmach tolerancji. Podczas testu nie doszło do rozłączenia się ładunków dodatkowych zmiennych, ani do ich przemieszczenia wzdłuż trzonu stabilizatora. Po przeprowadzonym teście sprawdzono także połączenia gwintowe elementów naboju i nie stwierdzono ich rozkręcenia.

Przebieg prawidłowego testu wibracyjnego po zastosowaniu zmian w konstrukcji uchwyty technologicznego przedstawiono na rysunku 14.

The vibration test went on smoothly and the signals from the controlling sensor were within the accepted range of tolerances. The added changeable charges were not separated or displaced along the stabiliser's shaft during the test. The threaded connections were also examined after the test and they were not loosened.

The course of proper vibration testing performed with the changed technological handle design is shown in Fig. 14.



**Rys. 14. Wykresy zależności przyspieszenia i napięcia od częstotliwości dla testu 120 mm naboju bez zakłóceń**

**Fig. 14. Graphs of acceleration and voltage dependencies on frequency for 120 mm cartridge without any disturbances**

Dodatkowo sprawdzono przebieg testu wibracyjnego na stole ślizgowym wzbudnika drgań, umożliwiającym prowadzenie badań w dwóch osiach naboju. Dobór kierunku narażeń był możliwy przez odpowiednie zamocowanie uchwytu technologicznego względem powierzchni roboczej stołu ślizgowego [2]. W celu zmiany kierunku narażeń z poprzecznego na wzdłużny i odwrotnie dokonuje się obrotu uchwytu technologicznego o kąt  $90^\circ$ .

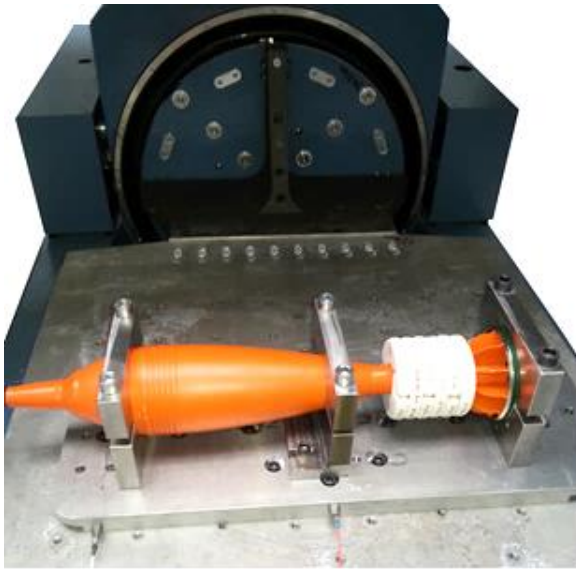
Dla uzyskania zbliżonych warunków, istniejących podczas badań na głowicy wzbudnika, 120 mm nabój zamocowano w uchwycie technologicznym umieszczonym na stole ślizgowym poprzecznie do kierunku ruchu generowanego przez urządzenie.

Zamocowanie uchwytu technologicznego wraz z badanym 120 mm nabojem moździerzowym przedstawiono na rys. 15.

Additionally the run of the vibration test was checked on the vibrations inductor sliding table providing the testing in two axes of the cartridge. It was possible to select a direction of enforcements by a suitable fixation of the technological handle on the working surface of the sliding table [2]. Direction of loads may be changed between lateral and longitudinal, and reversely, by turning the technological handle by  $90^\circ$ .

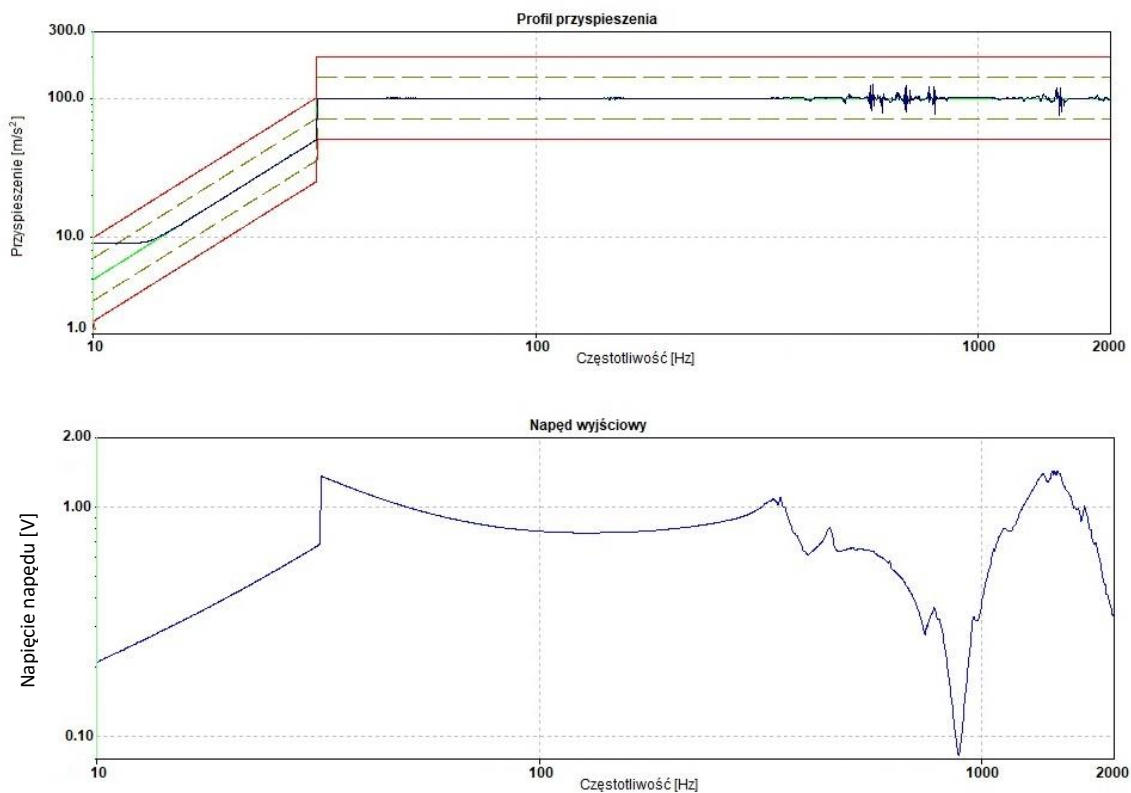
In order to get similar conditions to those existing at testing on the inductor's head, 120 mm cartridge was fixed in the technological handle positioned on the sliding table in traverse direction to the direction of motion generated by the system.

Fixation of the technological handle with tested 120 mm mortar cartridge is shown in Fig. 15.



**Rys. 15. Poprzeczne zamocowanie uchwytu na stole ślizgowym wzbudnika drgań**

*Fig. 15. Lateral fixation of the technological handle on the vibration inductor sliding table*



**Rys. 16. Wykresy zależności przyspieszenia i napięcia od częstotliwości dla testu 120 mm naboju na stole ślizgowym**

*Fig. 16. Graphs of acceleration and voltage dependencies on frequency for 120 mm cartridge on the sliding table*

Podczas testu wibracyjnego nie doszło do wystąpienia jakichkolwiek zakłóceń. Sygnały z czujnika sterującego mieściły się w zadanych pa-

The vibration test was carried out without any disturbances. Signals from the controlling sensor were within tolerance

smach tolerancji, a ich przebieg był ustabilizowany i najbardziej zbliżony do przebiegu wzorcowego. W trakcie testu nie zaobserwowano przemieszczania się ładunków dodatkowych zmiennych wzdłuż trzonu stabilizatora, ani ich rozłączenia. Po przeprowadzonym teście dokonano weryfikacji połączeń gwintowych elementów naboju, na podstawie której nie stwierdzono ich rozkręcenia.

Przebieg testu wibracyjnego z poprzecznym zamocowaniem oprzyrządowania technologicznego względem ruchu wzbudnika drgań przedstawiono na rysunku 16.

## **6. Analiza przebiegu testów i wnioski**

Projekt pierwotnej konstrukcji uchwytu technologicznego (umożliwiający zamocowanie naboju w dwóch skrajnych punktach podparcia, bez płytki oporowej wspornika tylnego) w zetknięciu z rzeczywistymi warunkami okazał się niewystarczający do uzyskania prawidłowego przebiegu testu wibracyjnego 120 mm naboju moździerzowego. W związku z tym przystąpiono do diagnostyki całego stanowiska badawczego i wszystkich elementów wchodzących w jego skład w celu znalezienia przyczyn i podjęcia działań naprawczych.

W pierwszej kolejności sprawdzono sposób i miejsce zamocowania akcelerometrów. Zmiana ich położenia względem uchwytu jeszcze bardziej zniekształcała kształt fali przyspieszenia, a bezpośrednio przyklejenie przyspieszeniomierzy do ruchomych, roboczych części wzbudnika drgań pomijające drgania własne oprzyrządowania technologicznego nie oddawało rzeczywistych warunków testu. Wrócono więc do pierwotnego zamocowania czujników, weryfikacji stanu badanej próbki i sprawdzenia wystąpienia ewentualnych luzów na wszystkich połączeniach śrubowych.

Poprzez duże drgania trzonu stabilizatora

limits, and their course was stable and highly similar to the standard one. During the test the added changeable charges were not displaced along the shaft of stabiliser, or separated. Threaded connections of cartridge components were verified after the test and no loosening was observed.

The course of the vibration test at lateral fixation of technological devices against the motion of the inductor of vibrations is presented in Fig. 16.

## **6. Analysis of Tests and Conclusions**

First design of the technological handle (for fixing the cartridge in two external points of support, without a rear support resistance plate) proved to be insufficient in confrontation with reality for getting proper run of 120 mm mortar cartridge vibration test. Regarding it, the diagnostics of the whole testing setup was carried out together with all its components to find out the reason and undertake the remedies.

In the first step, the way and places of fixing the accelerometers were examined. The change of their positions against the handle has deformed even more the form of the accelerating wave, and at the direct sticking of accelerometers to movable working parts of the vibrations inductor, omitting the own vibrations of the technological devices, the real conditions of testing were not reconstructed. Then, the original fixations of sensors were restored, and the status of tested sample was verified, and possible loose connections on all screws were examined.

The added changeable propelling charges were separated and fell down due to strong vibrations of the stabiliser shaft. Ap-

dochodziło do rozłączania i spadania ładunków miotających dodatkowych zmiennych. Zastosowanie płytki oporowej w pełni unieruchomiło nabój i połączenie układu okucie metalowe – trzon stabilizatora, ale nie zmieniło kształtu fali przyspieszenia, ani nie wyeliminowało przemieszczania ładunków miotających dodatkowych zmiennych. W celu weryfikacji przydatności uchwytu do zadanych narażeń mechanicznych przeprowadzono test ze zwiększonym zakresem tolerancji przyspieszenia w paśmie. Powyższy zabieg pomógł w małym stopniu, ponieważ po pewnym momencie test znowu się zatrzymał. Dopiero po zwiększeniu limitów systemowych wpływających na bezpieczeństwo urządzenia i dokonaniu kilkukrotnej zmiany charakteru pracy czujników (ze sterującego na kontrolny i na odwrót) udało się zrealizować test.

Komplikacje podczas testu były spowodowane zbyt dużą odległością miejsc podparcia 120 mm naboju moździerzowego. Nabój wpadał w silne rezonanse w wyniku czego przy wyższych częstotliwościach czujnik sterujący napędzał intensywniej system wzbudnika po to, aby sygnał nie opuścił granic testu.

Po zastosowaniu pośredniego wspornika i oprawy osiągnięto stabilne zamocowanie 120 mm naboju moździerzowego w uchwycie technologicznym, które umożliwiło przeprowadzenie testu bez konieczności zwiększania limitów systemowych i zakresu tolerancji przyspieszenia w paśmie. Dodatkowe elementy uchwytu zapewniły prawidłowy kształt fali przyspieszenia i zapobiegły rozłączaniu, a nawet przemieszczaniu ładunków dodatkowych zmiennych względem trzonu stabilizatora.

Test prowadzony na stole ślizgowym wzbudnika drgań, przy poprzecznym zamocowaniu próbki względem ruchu generowanego przez urządzenie, miał bardziej stabilny przebieg, niż ten otrzymany na głowicy. Wynikało to z większej powierzchni podparcia

plication of the resistance plate has immobilised completely the cartridge and the connection between metallic fitting and the stabiliser shaft, but has not changed the form of acceleration wave and has not eliminated any displacement of the added changeable propelling charges. In order to verify the usefulness of the handle for applied mechanical loads a test was carried out for increased margins of acceleration tolerances in the band. The above action proved to be only partially efficient as the test was interrupted again. It was only after the systemic limits connected with the safety of the system were increased, and the character of sensors operation (between controlling and checking ones) was changed a few times, when the test was completed.

Complications occurring at testing were caused by excessive separation of supports for 120 mm mortar cartridge. The cartridge had strong resonances and at the higher frequencies the controlling sensor drove the system of inductor with higher intensity to arrest the signal within the limits of tests.

After implementation of the transitional support with the clamp, the stable fixation of 120 mm mortar cartridge in the technological handle was achieved, and it enabled the testing without any needs for increasing the systemic limits and acceleration tolerance margins in the band. Added components of the handle have provided the correct form of the acceleration wave and prevented the separation and even the displacement of the added changeable charges against the shaft of stabiliser.

Test performed on the vibrations inductor sliding table at the traverse fixation of the sample against the displacements generated by the system has run in a smoother way than the test made on the head. It was caused by a greater area of support of the



uchwyty technologicznego, który na stole ślizgowym opierał się w całości, natomiast na głowicy końce uchwyty wystawały poza jej obrys. Kształt fali przyspieszenia posiadał nieliczne zakłócenia i był zbliżony do kształtu otrzymanego podczas testu na nieobciążonej głowicy urządzenia. Dowodzi to, że mocowanie uchwyty i przyspieszeniomierzy na stole ślizgowym, z dala od ruchomych części wzbudnika ma wpływ na przebieg testu wibracyjnego.

technological handle which was all supported on the sliding table, whereas on the head its ends protruded over the edge. The form of the acceleration wave was disturbed in minimal degree and was similar to the form received for the unloaded head of the system. It proves that the fixing of the handle and accelerometers on the sliding table at some distance from the moving parts of inductor affects the course of the vibration test.

### **Literatura /Literature**

- [1] Bielawski K., Chmieliński M., Szagała D., *Mobilne stanowisko szkolno-treningowe 120 mm moździerzy RAK*, Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2018, vol. 220, nr 6, s. 1002-1006.
- [2] Bieniek P., Weiss J., *Badania odporności amunicji czołgowej 120 x 570 na drgania sinusoidalne symulujące transport taktyczny w czołgu*, Problemy Techniki Uzbrojenia vol. 140, nr 4/2016, s.69-85.
- [3] Den Hartog J. P., *Mechanical Vibrations*, Dover Publications, New York 1985.
- [4] Harris C. M., Piersol A. G., *Harri's shock and vibration*, handbook fifth edition, McGraw – Hill Book Company, New York 2002.
- [5] *Katalog – elementy złączne*, Maximet, 2009.
- [6] Kucharski T., *System pomiaru drgań mechanicznych*, WNT, Warszawa 2002.
- [7] Norma Obronna NO-06-A103: *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy; Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań; Wymagania środowiskowe*, MON, Warszawa 2005.
- [8] Norma Obronna NO-06-A107: *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy; Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań; Metody badań odporności całkowitej na działanie czynników środowiskowych*, MON, Warszawa 2005.
- [9] *Poradnik obróbki skrawaniem*, Sandvik Coromat, 2010.

