

Wpływ zwiększonego masowego momentu bezwładności i braku wyważenia armaty na jej drgania kątowe w elewacji

Krzysztof PAPLIŃSKI¹ Jerzy TOKARZEWSKI²

¹Ministerstwo Obrony Narodowej, ²Wojskowa Akademia Techniczna

Przedstawiony został ogólny zarys badań eksperymentalnych czołgu podstawowego, jak również stabilizatora położenia kąтового wieży i armaty. W artykule zaprezentowano niewielką część wyników badań ilustrujących drgania armaty bez i z zamontowaną na niej masą dodatkową, która powodowała zwiększenie masowego momentu bezwładności armaty, jak również brak wyważenia armaty. Wyniki badań eksperymentalnych porównane zostały z wynikami symulacji. Stwierdzono, że model matematyczny wystarczająco odzwierciedla rzeczywisty układ automatycznej regulacji.

1. Wprowadzenie

Podczas jazdy czołgu w terenie wymuszenia od nierówności drogi przenoszą się poprzez kadłub na jego uzbrojenie. Żeby prowadzić celny ogień z armaty w czasie ruchu czołgu należy stabilizować jej położenie kątowe. Służy do tego stabilizator położenia armaty w elewacji i wieży wraz z armatą w azymucie.

W ramach prowadzonych wcześniej prac badawczych pomierzono charakterystyki poszczególnych modułów funkcjonalnych stabilizatorów [5, 6, 7, 12] oraz poznano związki funkcjonalne pomiędzy nimi, co pozwoliło na zbudowanie stosownych modeli matematycznych tych urządzeń [10, 11, 14÷18]. Realizując pracę badawczą [9] dokonano szeregu pomiarów drgań kadłuba czołgu oraz posadowionego na nim uzbrojenia przy wymuszeniach losowych i zdeterminowanych. Pozwoliło to na zrozumienie oddziaływań pomiędzy podłożem, kadłubem i stabilizowanym uzbrojeniem poprzez określenie odpowiednich związków ilościowych i jakościowych. Porównanie otrzymanych wyników badań eksperymentalnych i modelowych pozwoliło na weryfikację modelu matematycznego.

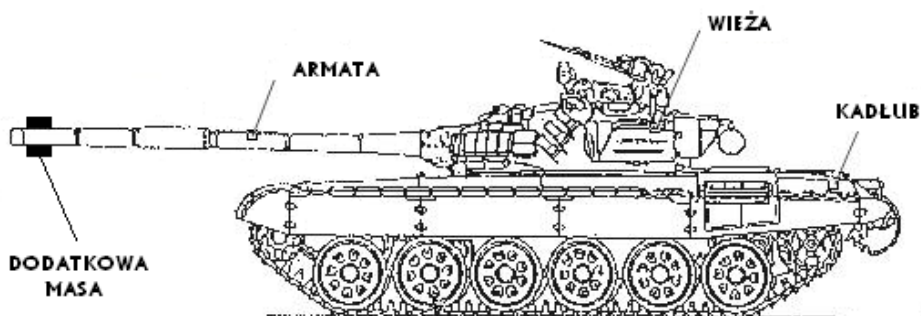
Rozwój broni pancernej to ciągły wzrost kalibru armat oraz opancerzenia wieży powodujące znaczne zwiększenie masowego momentu bezwładności armaty i wieży. W celu dostarczenia danych do weryfikacji i sprawdzenia modelu matematycznego w poszerzonym zakresie oraz określenia możliwości i wpływu ewentualnych modernizacji czołgu przeprowadzono szereg badań eksperymentalnych z dodatkowym ob-

ciążeniem zamontowanym na końcu armaty (rys.1). Fragment powyższych badań (z wykorzystaniem wymuszeń zdeterminowanych) przedstawiono w referacie.

2. Cel i zakres badań eksperymentalnych

Celem badań było uzyskanie charakterystyk sygnałów zakłócających stabilizowane położenie uzbrojenia, odpowiedzi na te sygnały obiektu regulacji (drżania armaty i wieży) oraz wykorzystanie uzyskanych przebiegów do weryfikacji modelu matematycznego stabilizatora w azymucie i elewacji.

W tym celu dokonano wyodrębnienia sygnałów mierzonych, ustalenia programu badań terenowych oraz wykonano badania na wymuszeniach zdeterminowanych i losowych.



Rys.1. Badany czołg z zamocowaną dodatkową masą na armacie.
Fig. 1. Tested tank with additional mass in the gun.

Obciążenia od nierówności drogowych na kadłub przekazywane są poprzez elementy sprężyste i tłumiące zawieszenie pojazdu. Poziom tych obciążeń zależy w zasadniczy sposób od mikroprofilu terenu, parametrów elementów zawieszenia i prędkości jazdy wozu bojowego. W praktyce nie sposób jest opisać ściśle matematycznie spotykany na drogach gruntowych ich profil i występujące nierówności. Jednakże z dużym przybliżeniem można przyjąć, że większość dróg gruntowych (na glebach piaszczystych i piaszczysto-gliniastych) ma charakter wymuszenia harmonicznego. Wysokość oraz długość nierówności zależą od struktury gruntu i od tego, jakie pojazdy poruszają się po danej drodze. Według [1] w przypadku dróg, po których poruszają się gąsienicowe wozy bojowe najczęściej występują nierówności o długości $l=4\div 10$ m i o wysokości $h = 0,05\div 0,4$ m.

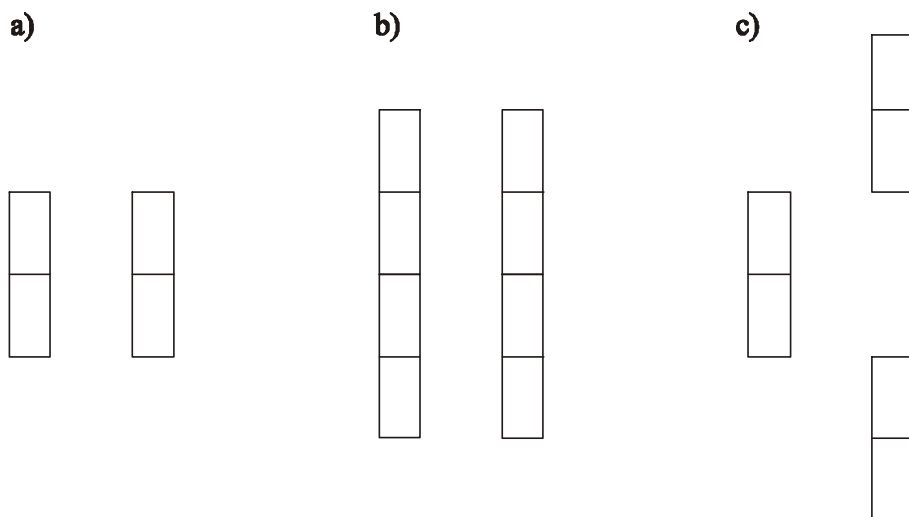
Wymuszenia zdeterminowane uzyskano podczas ruchu czołgu po przeszkodach o specjalnie dobranym kształcie, wymiarach i ułożeniu (rys.2). Przejazdy odbywały się z ustalonymi (na drodze dojazdowej do przeszkody) prędkościami jazdy 5-7, 10, 15, 20, 25, 30, 35 km/h. Do badań stabilizatora użyto dwóch rodzajów przeszkód w kształcie trójkąta równoramiennego o długości podstawy „l” (4,4 m i 5,1 m) oraz wysokości „h” (0,17 m i 0,34 m).

Przyjęcie tego typu wymuszeń wynikało z dwóch powodów. Po pierwsze ze względu na możliwości warsztatowe i technologię wykonania, a po drugie taki kształt jest, uwzględniając właściwości wyładzające gąsienic, najbliższy sinusoidalnemu. Ponadto wymuszenie o takim kształcie daje się opisać matematycznie, co jest istotne z punktu widzenia weryfikacji modelu.

Aparaturę badawczą umieszczono w sposób zapewniający poprawne jej działanie oraz znikomy wpływ (jej zamontowania) na zachowanie się badanego obiektu.

W celu minimalizacji wpływu instalacji aparatury na wzrost momentu bezwładności wieży przetworniki z optoizolacją, demodulatory fazoczułe oraz skrzynkę pomiarowo-sterowniczą stabilizatora umieszczono na wspólnej podstawie zamontowanej w uchwycie podstawy mocującej przeciwlotniczego karabinu maszynowego NSW-12,7. Aparaturę badawczą umieszczono w sposób zapewniający poprawne jej działanie oraz znikomy wpływ (jej zamontowania) na zachowanie się badanego obiektu.

W celu minimalizacji wpływu instalacji aparatury na wzrost momentu bezwładności wieży przetworniki z optoizolacją, demodulatory fazoczułe oraz skrzynkę pomiarowo-sterowniczą stabilizatora umieszczono na wspólnej podstawie zamontowanej w uchwycie podstawy mocującej przeciwlotniczego karabinu maszynowego NSW-12,7 (na wieżyczce dowódcy - rys. 3). Uzyskano w ten sposób również możliwość łatwego i dogodnego w obsłudze ustawienia pulpitu tych urządzeń.



Rys.2. Sposób ułożenia przeszkód na drodze testowej.
Fig. 2. Arrangement of obstacles on the testing road.

Rozmieszczenie wszystkich elementów aparatury badawczej oraz szczegółowy opis układów pomiarowych zawarty jest w pracach [2, 3, 13].

W trakcie realizacji badań mierzono i rejestrowano szereg wielkości, a między innymi przedstawione w referacie:

- przyspieszenia działające na końcu armaty w elewacji (płaszczyźnie pionowej),

- napięcie z synchronotransformatora żyroskopowego wyznacznika kąta w elewacji proporcjonalne do przemieszczeń kątowych stabilizowanej armaty.

3. Wyniki badań eksperymentalnych i modelowych

W efekcie przeprowadzonych badań uzyskano szereg wyników. Na rysunkach 4-7 zamieszczono przykładowe przebiegi czasowe przyspieszeń i przemieszczeń kątowych stabilizowanej kątowo armaty, uzyskane w wyniku przejazdu czołgu przez przeszkodę z prędkością 20 km/h (rys. 2c) z masą dodatkową (rys. 1) i bez niej.



Rys. 3. Badany czołg z zamontowaną aparaturą pomiarową.
Fig. 3. Tested tank with measurement apparatus.

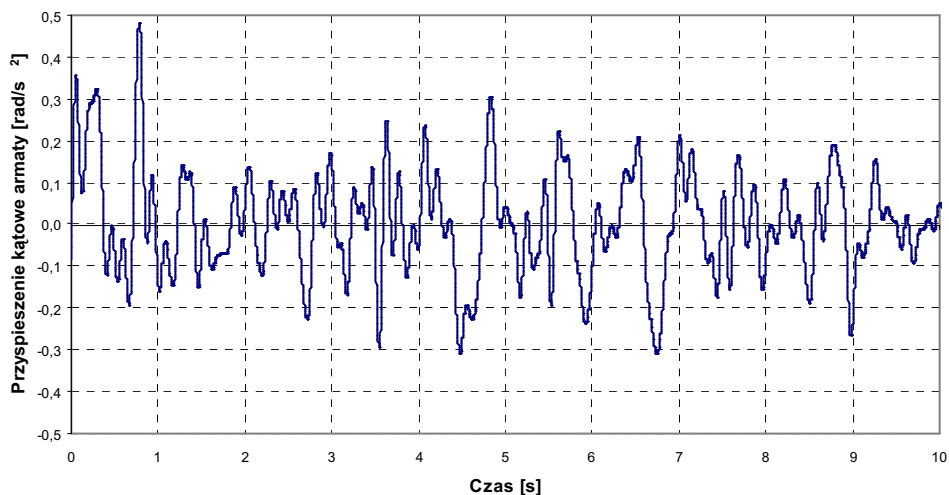
Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono estymatory gęstości widmowej mocy drgań armaty czołgowej dla przebiegów na rysunkach 6 i 7 odpowiednio.

Wykorzystując model matematyczny stabilizatora w elewacji przedstawiony w pracach [10, 11, 14÷18] przeprowadzono szereg badań symulacyjnych. Na rysunkach 10 i 11 przedstawiono wyniki symulacji przejazdu czołgu z prędkością 20 km/h po przeszkodach o konfiguracji i wysokości jak w badaniach eksperymentalnych dla armaty z masą dodatkową i bez niej.

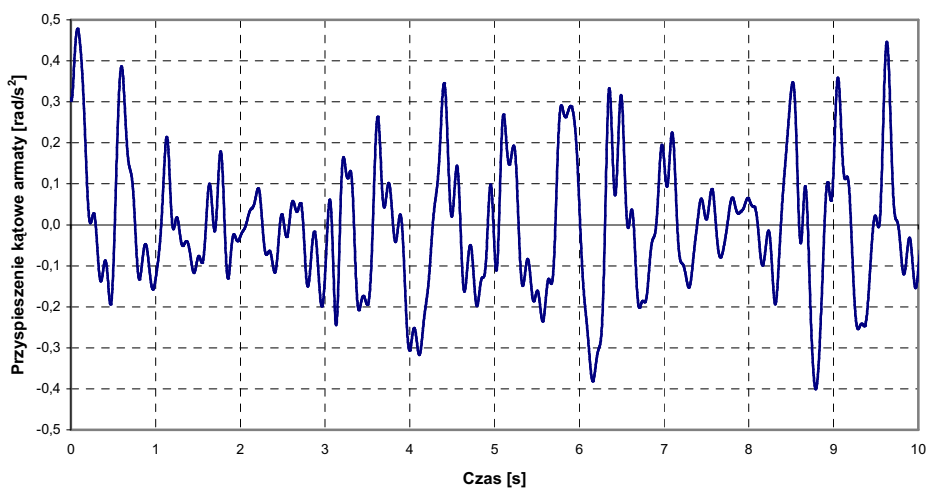
4. Wnioski końcowe

Wyniki badań eksperymentalnych obrazują rzeczywiste drgania stabilizowanej armaty czołgu podczas przejazdu przez przeszkody zdeterminowane. Na podstawie

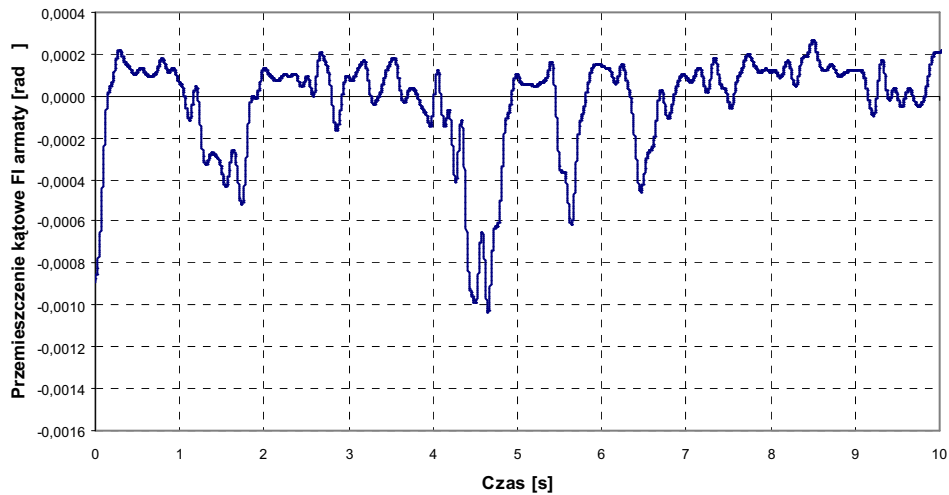
przedstawionych przebiegów przyspieszeń i przemieszczeń kątowych armaty można stwierdzić, że wzrost masy oraz brak wyważenia armaty powodują zwiększenie amplitudy przyspieszeń i przemieszczeń kątowych (rys. 4÷7).



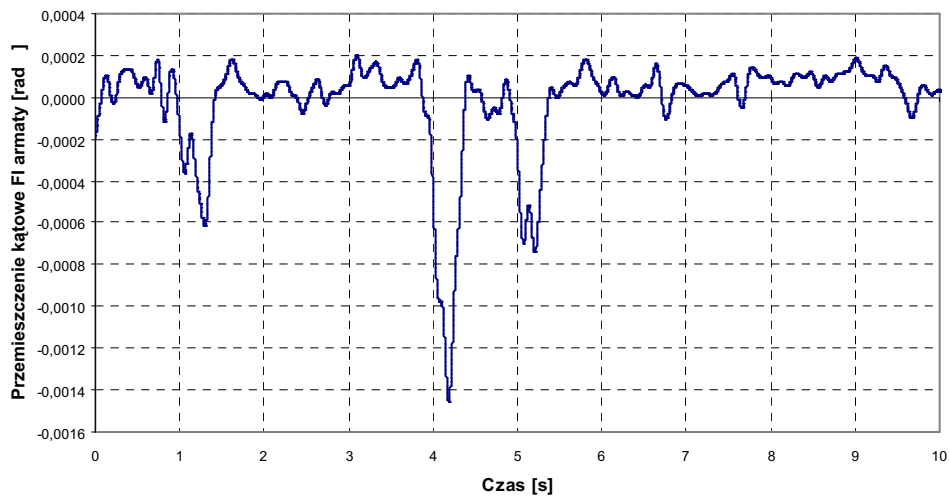
Rys. 4. Przyspieszenia podłużnych drgań kątowych armaty podczas przejazdu z prędkością 20 km/h.
Fig. 4. Longitudinal acceleration of angular vibration of gun while driving with speed 20 km/h.



Rys. 5. Przyspieszenia podłużnych drgań kątowych armaty z zamontowaną masą dodatkową podczas przejazdu z prędkością 20 km/h.
Fig. 5. Longitudinal acceleration of angular vibration of gun with additional mass while driving with speed 20 km/h.



Rys. 6. Drgania kątowne armaty podczas przejazdu z prędkością 20 km/h.
 Fig. 6. Angular vibration of gun while driving with speed 20 km/h.

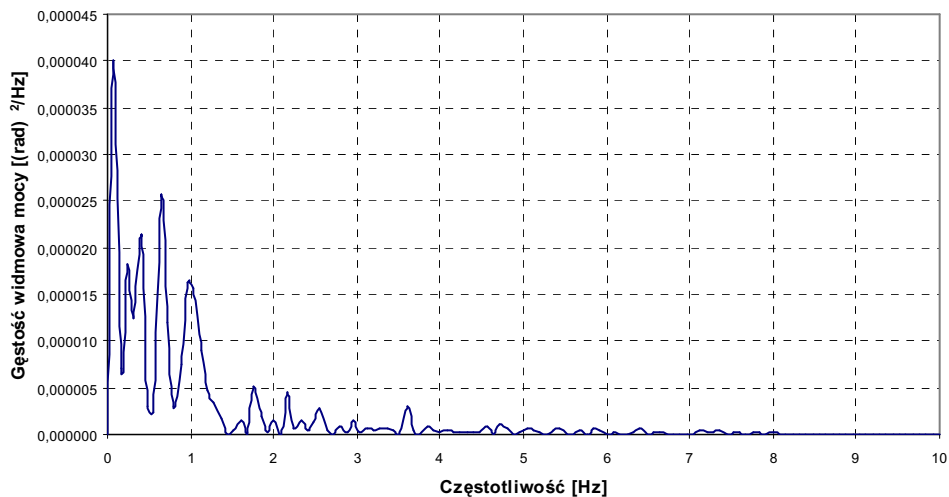


Rys. 7. Drgania kątowne armaty z zamontowaną masą dodatkową podczas przejazdu z prędkością 20 km/h.

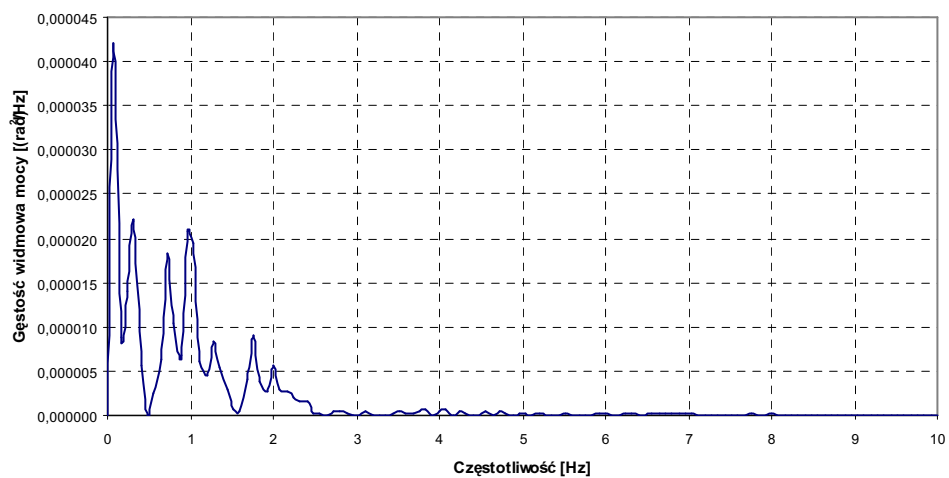
Fig. 7. Angular vibration of gun with additional mass while driving with speed 20 km/h.

Na rysunkach 8 i 9 przedstawiających estymatory gęstości widmowej mocy drgań armaty czołgowej można zauważyć, że dla armaty z dodatkowym obciążeniem widoczny jest znaczny ich wzrost dla częstotliwości około 1 Hz oraz częstotliwości około 1,8 Hz. Częstotliwość drgań własnych armaty wynosi około 1,8 Hz, natomiast podłużnych drgań kadłuba - około 1Hz, co jest zgodne z wartościami publikowanymi

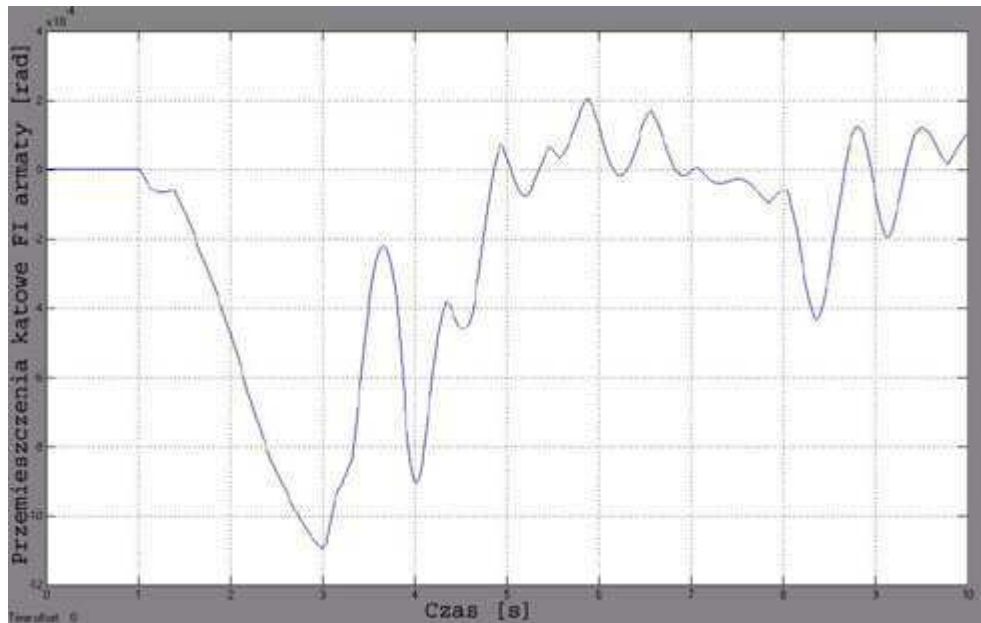
w literaturze [8] oraz wcześniej publikowanymi wynikami badań prowadzonych przez autorów [2÷4]. Niewielkie różnice spowodowane są odmiennymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi oraz innymi parametrami zawieszenia badanego czołgu w stosunku do zamieszczonych w literaturze.



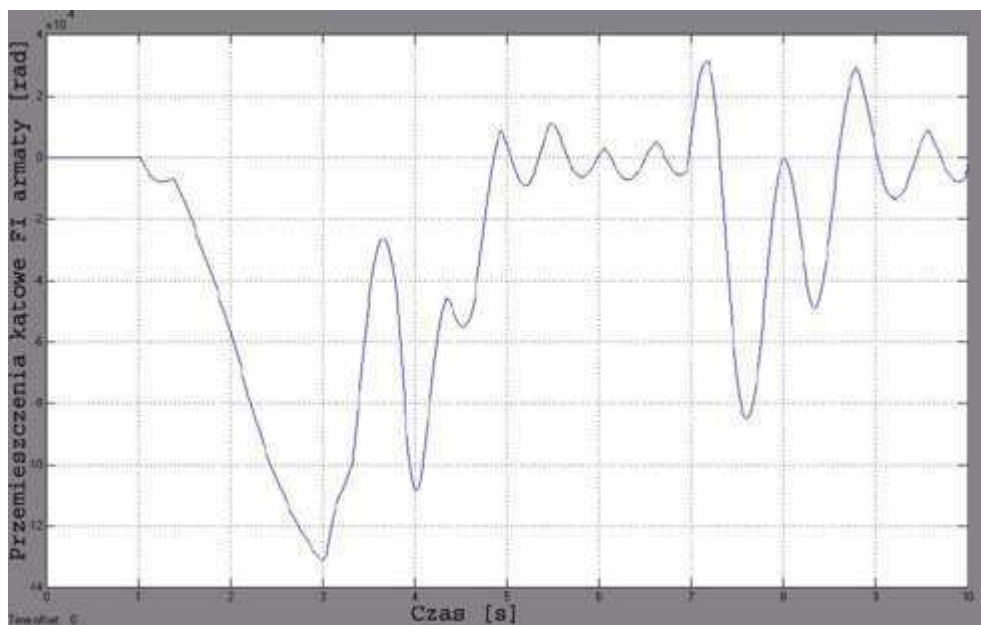
Rys. 8. Estymator gęstości widmowej mocy drgań armaty czołgowej.
Fig. 8. Estimator of spectral concentration of tank gun vibration power.



Rys. 9. Estymator gęstości widmowej mocy drgań armaty czołgowej z zamontowaną masą dodatkową.
Fig. 9. Estimator of spectral concentration of tank gun with additional mass vibration power.



Rys. 10. Symulacja drgań kątowych armaty podczas przejazdu z prędkością 20 km/h.
Fig. 10. Simulation of angular vibration of gun while driving with speed 20 km/h.



Rys. 11. Symulacja drgań kątowych armaty z zamontowaną masą dodatkową podczas przejazdu z prędkością 20 km/h.
Fig. 11. Simulation of angular vibration of gun with additional mass while driving with speed 20 km/h.

Porównując przykładowe wyniki badań symulacyjnych (rys. 10 i 11) z pomierzonymi przebiegami przemieszczeń kątowych armaty (rys. 6 i 7) można zauważyć dużą zgodność ich amplitud i charakteru. Świadczy to o poprawności modelu matematycznego i możliwości jego wykorzystania do badań wpływu zmian parametrów konstrukcyjnych armaty i stabilizatora uzbrojenia na jakość stabilizacji położenia kąowego armaty.

Posiadanie zweryfikowanego eksperymentalnie narzędzia matematycznego jest pierwszym etapem na drodze do właściwego doboru sprzężeń zwrotnych w układzie stabilizacji uzbrojenia czołgowego stosownie do wprowadzanych zmian konstrukcyjnych. Zastosowanie tych sprzężeń zwrotnych pozwoli zwiększyć dokładność pracy stabilizatora, a tym samym celność prowadzonego ognia z armaty i sprzężonego z nią karabinu maszynowego.

Literatura

- [1] BURDZIŃSKI Z., *Teoria ruchu pojazdu gąsienicowego*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1972.
- [2] HRYCIÓW Z., PAPLIŃSKI K., SOBCZYK Z., *Wpływ wymuszenia zdeterminowanego na drgania kadłuba i armaty wozu bojowego*, III Konferencja Naukowo-Techniczna „Odporność Udarowa Konstrukcji”, Warszawa-Rynia 2002, s. 179-190.
- [3] HRYCIÓW Z., PAPLIŃSKI K., SOBCZYK Z., TOKARZEWSKI J., WYSOCKI J.: *Wpływ wymuszeń losowych na drgania kadłuba i armaty wozu bojowego*, VIII Międzynarodowe Sympozjum IPM WAT, Warszawa-Rynia 2002, s. 112-121.
- [4] JUSZCZYK A., PAPLIŃSKI K., SOBCZYK Z., TOKARZEWSKI J., *Urządzenia elektryczne i osprzęt pojazdów mechanicznych. Część II. Układy stabilizacji uzbrojenia wozów bojowych*, Skrypt WAT, Warszawa 1999.
- [5] JUSZCZYK A., PAPLIŃSKI K., PIEKARNIAK W., *Badania hydromechanicznego napędu armaty czołgowej*, XII Konferencja Naukowa „NSAMRiP”, Rynia k. Warszawy 2000, s. 203-210.
- [6] JUSZCZYK A., PAPLIŃSKI K., *Badanie elementów wykonawczych napędu stabilizatora 2E28M PION*, Sprawozdanie merytoryczne z realizacji projektu badawczego KBN, WAT 2001.
- [7] JUSZCZYK A., PAPLIŃSKI K., PIEKARNIAK W., *Badania wzmacniacza hydraulicznego napędu wykonawczego armaty czołgowej*, Biuletyn WAT Nr 5 (585) 2001, Warszawa 2001, str. 103-112.
- [8] KORNIJEJEW W. W., *Osnovy awtomatyki i tankowyje awtomatyczjeskije sistjema*. Moskwa 1978.
- [9] PAPLIŃSKI K., SOBCZYK Z., TOKARZEWSKI J., *Metoda poprawy parametrów pracy stabilizatora uzbrojenia wozu bojowego poprzez kompensację zakłóceń działających na obiekt regulacji*, Sprawozdanie merytoryczne z realizacji projektu badawczego KBN, WAT 1997.
- [10] PAPALIŃSKI K., SOBCZYK Z.: *The mathematical model of tank elevation stabilizer*, International Symposium MMAR 2000, Międzyzdroje 2000, str. 483-488.
- [11] PAPLIŃSKI K., SOBCZYK Z.: *Wykorzystanie środowiska SIMULINK MATLAB do symulacji pracy czołgowego układu automatycznej regulacji*, Konferencja Kazimierz Dolny'01 „Konstrukcja, badania, eksploatacja, technologia pojazdów samochodowych i silników spalinowych”, Teka Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN o/Kraków, Kraków 2001, Zeszyt 22, s.335-342.
- [12] PAPLIŃSKI K., SOBCZYK Z., *Badania eksperymentalne przetworników realizujących sprzężenia zwrotne w stabilizatorze położenia kąowego uzbrojenia czołgu*, Biuletyn WAT Nr 5 (585) 2001, Warszawa 2001, s. 73-101.
- [13] PAPLIŃSKI K., SOBCZYK Z.: *Badania terenowe stabilizatora położenia kąowego uzbrojenia czołgów rodziny T-72*, Biuletyn WAT Nr 5 (585) 2001, Warszawa 2001, str. 59-72.
- [14] PAPLIŃSKI K.: *Uzbrojenie czołgu jako obiekt regulacji dla układu stabilizacji położenia kąowego*, Archiwum Motoryzacji Nr1-2, PWN Warszaw 2001, s. 19-30.

- [15] PAPLIŃSKI K., SOBCZYK Z., WYSOCKI J.: *Using matlab-simulink program for simulation of tank's control system*, International Conference Vehicles and Systems Progress Wołgograd 2002, s. 240-245.
- [16] PAPLIŃSKI K., RYBAK P.: *Model do badań symulacyjnych układu stabilizacji wieży i armaty czołgu*, Konferencja Kazimierz Dolny '03, Kraków 2003, Konstrukcja, badania ,eksploatacja, technologia pojazdów samochodowych i silników spalinowych, Zeszyt 26-27, s. 363-371.
- [17] PAPLIŃSKI K.: *Opracowanie modelu matematycznego układu stabilizacji armaty w elewacji*, Konferencja AMW, Automatyzacja i eksploatacja systemów sterowania i łączności, tom 2, Gdynia 2003, s. 429-436.
- [18] PAPLIŃSKI K., *Modelling and simulation that make possible weapon integration with the vehicle*, NATO RTO AVT-108/RSY symposium, Functional and mechanical integration of weapon with land and air vehicles, Williamsburg, VA, United States 2004, referat nr 36 na CD.

Influence of increased inertia moment of gun and unbalanced gun on its vibration in elevation

S u m m a r y

General outline of experimental investigations of main battle tank and also turret and gun angular stabilization system have been shown. Small part of tests results illustrated gun vibrations, with and without additional mass installed on the gun that made increased inertia moment of gun as well as unbalanced gun, have been presented in the paper. Results of experimental investigations have been compared with results of simulation. Was affirmed that mathematical model sufficiently reflect real control system.