

Piotr **RYBAK**
Wacław **BORKOWSKI**
Józef **WYSOCKI**
Zdzisław **HRYCIÓW**
Bogusław **MICHAŁOWSKI**

BADANIA MODELOWE CZOŁGU LEKKIEGO NA BAZIE WIELOZADANIOWEJ PLATFORMY BOJOWEJ

Streszczenie: W artykule przedstawiono rezultaty badań modelowych demonstratora czołgu lekkiego na bazie wielozadaniowej platformy bojowej „Anders”. Badania zrealizowano w dwóch etapach. W pierwszym etapie przeanalizowano obciążenia dynamiczne działające na pojazd podczas jazdy oraz właściwości trakcyjne modelu czołgu z hydromechanicznym układem napędowym. W drugim etapie przeprowadzono badania właściwości trakcyjnych. Przedstawione rezultaty badań należy potraktować jako zrealizowane dla hipotetycznych warunków.

Słowa kluczowe: czołg lekki, badania modelowe, obciążenia dynamiczne, charakterystyki trakcyjne.

1. WSTĘP

O przydatności czołgów decydują ich główne cechy bojowe, tzn.: siła ognia, opancerzenie i ruchliwość. Siłę ognia czołgu charakteryzuje ilość, jakość i efektywność uzbrojenia podstawowego. Określa ona możliwość niszczenia z zadanej odległości wozów bojowych przeciwnika w założonych warunkach. Opancerzenie czołgu chroni w określonym stopniu załogę i wyposażenie wewnętrzne przed środkami ogniowymi przeciwnika. Charakteryzują je m. in. następujące parametry: grubość płyt pancernych, kąty ich pochylenia, rodzaj materiału, kompozycja osłony pancernej, technologia wykonania pancerza oraz systemy ochrony reaktywnej i aktywnej. Ruchliwość jest to zespół właściwości opisujących zdolność jazdy oraz manewrowania wozu bojowego na dowolnym podłożu o różnych właściwościach i geometrii nierówności. Ruchliwość czołgu decyduje o tempie wykonywania zadań bojowych i co oczywiste jest ona nierozdzielnie związana z pozostałymi cechami bojowymi. Im większą ruchliwość posiada wóz bojowy, tym jest trudniejszym celem dla środków ogniowych przeciwnika.

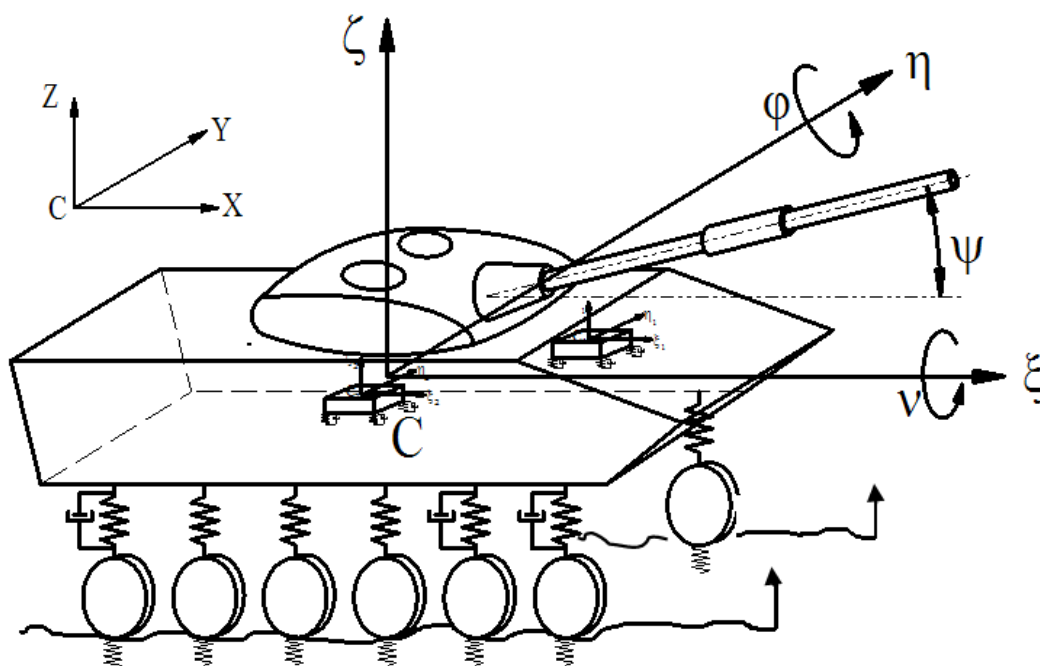
W artykule przedstawiono wybrane fragmenty z badań modelowych czołgu lekkiego w aspekcie oceny właściwości trakcyjnych oraz odporności na trafienie pociskiem, porażenie miną przeciwpancerną i IED, strzelanie z armaty własnej.

2. BADANIA MODELOWE CZOŁGU PODCZAS SYMULOWANEJ JAZDY

2.1. Model obiektu badań

Oszacowanie poziomu obciążeń dynamicznych działających na kadłub i załogę podczas jazdy, po przyjętym torze, przeprowadzono na opracowanym przez zespół autorów oryginalnym modelu, którego strukturę przedstawia rys.1.

Model obiektu złożony jest z brył sztywnych modelujących nadwozie, fotel z kierowcą i koła nośne, które połączone są z nadwoziem nieważkimi więzami sprężysto – tłumiącymi. Bryłom modelującym nadwozie i fotel przypisano po trzy stopnie swobody – przemieszczenie pionowe, przemieszczenia kątowe względem osi podłużnej i poprzecznej pojazdu. Kołom nośnym przypisano po jednym stopniu swobody – przemieszczenie pionowe. Przyjęto też, że rozkład mas pojazdu jest symetryczny; układ jezdny składa się z danej liczby kół lewej i prawej strony zawieszonych indywidualnie; charakterystyki sprężystości i tłumienia mogą być liniowe lub nieliniowe; nie ma luzów we wszystkich skojarzeniach ruchowych; nałożone na układ więzy są holonomiczne i skleronomiczne, a na koła są więzami jednostronnymi; pominięto oddziaływanie gąsienic na układ jezdny [1].



Rys. 1. Model obiektu badań

Rozważano dwa modele. Równania ruchu, dla modelu liniowego, sformułowano wykorzystując równanie Lagrange'a II rodzaju. Do sformułowania modelu nieliniowego wykorzystano zasadę d'Alemberta.

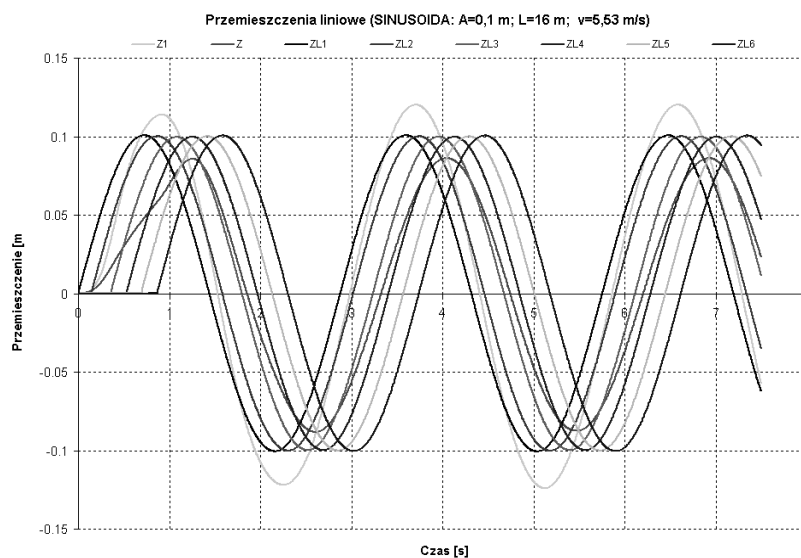
Analiza drgań własnych wykazała, że uzyskane wartości częstości drgań czołgu lekkiego odpowiadają zalecanym częstościom drgań własnych dla tej klasy pojazdów.

2.2. Drgania wymuszone

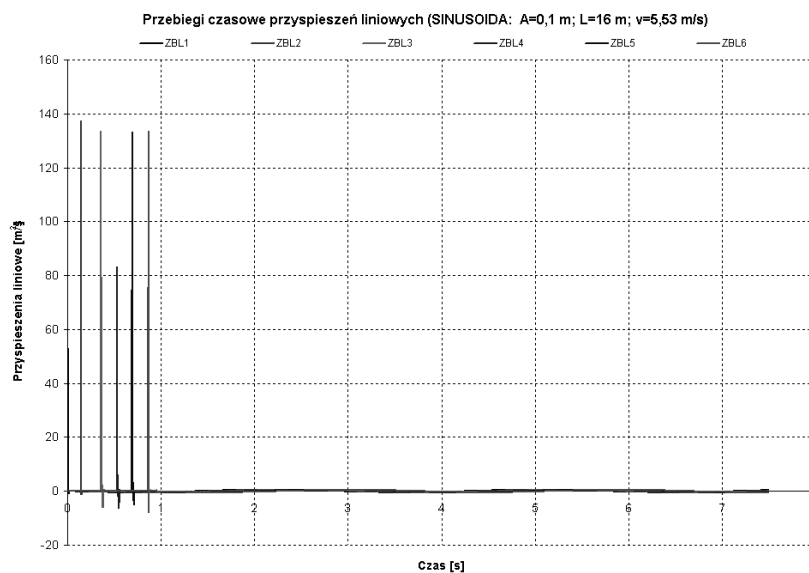
Analizę drgań wymuszonych modelu czołgu realizowano podczas przejazdów po drogach o profilu i parametrach odpowiadających typowym drogom gruntowym (czołgowym) oraz pojedynczych nierównościach mogących się pojawić na drodze przejazdu. Niektóre z uzyskanych rezultatów badań przedstawiono na rysunkach od 2 do 11.

2.2.1. Ruch po torze sinusoidalnym

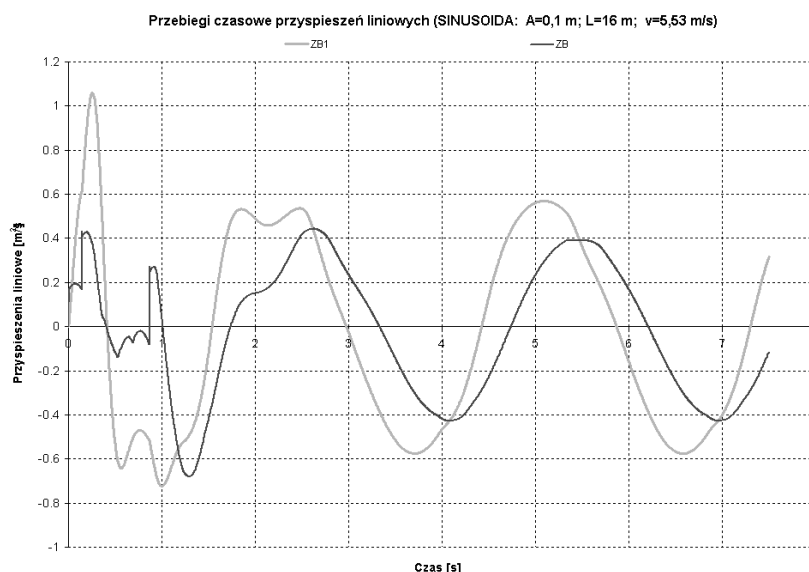
Typowa gruntowa droga czołgowa jest kształtowana podczas współpracy gaśienicy z podłożem, jej profil jest zbliżony do sinusoidalnego. W badaniach przyjęto tor sinusoidalny o różnych parametrach zależnych od intensywności eksploatacji drogi oraz prędkości jazdy. Przykładowe rezultaty obliczeń numerycznych dla przyjętych parametrów drogi: amplituda $A=0,1$ m, długość fali $L=16$ m i prędkości jazdy $v=5,53$ m/s, przedstawiono rysunkach od 2 do 4.



Rys. 2. Przemieszczenia liniowe (z_1 -kierowca, z -środek masy, z_{Li} – koła nośne lewej strony)



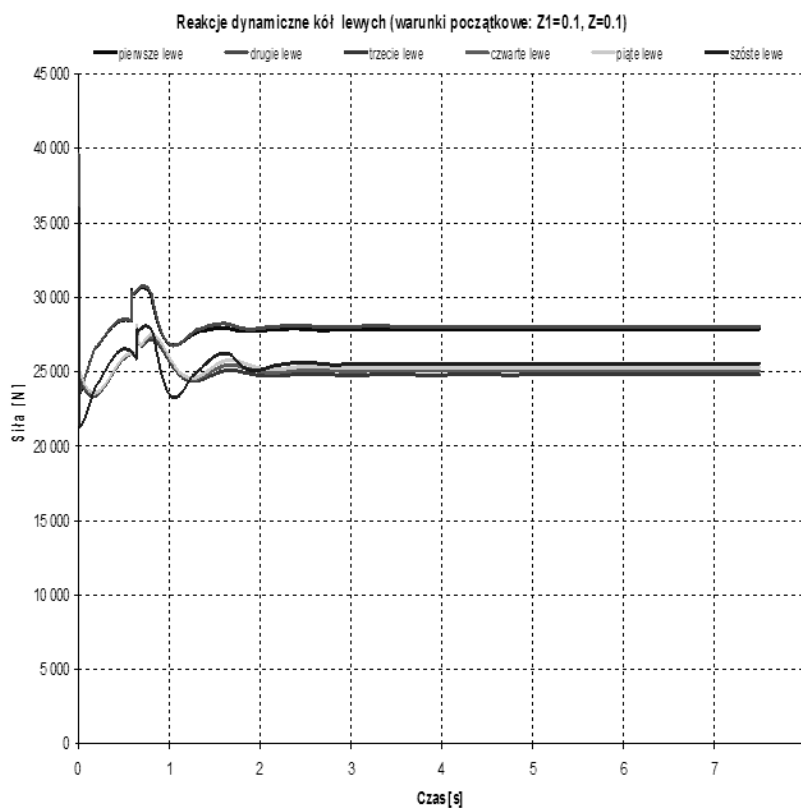
Rys. 3. Przyspieszenia liniowe kół (ZBLi – koła nośne lewej strony)



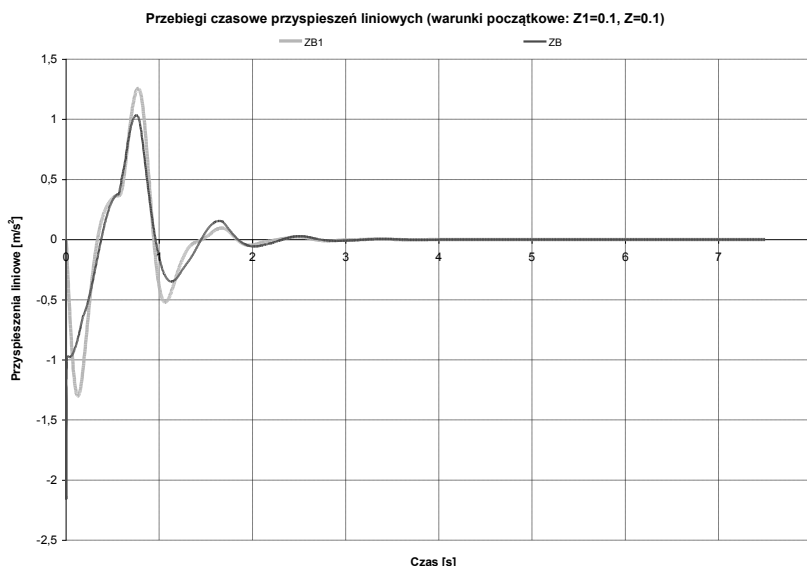
Rys. 4. Przyspieszenia liniowe kierowcy ZB1 i środka masy czołgu ZB2

2.2.2. Zrzut pojazdu z zadanej wysokości

Analizę obciążeń dynamicznych działających na pojazd i jego załogę przeprowadzono dla przypadku zrzutu czołgu z różnych wysokości. Przypadek taki ma miejsce podczas dynamicznego zjazdu z przeciwskarpą i innych przeszkód. Jako przykład podano wybrane rezultaty dla zrzutu z wysokości równej 0.1m. Rys. 5 i 6 przedstawiają wybrane przebiegi obciążeń poszczególnych kół, kadłuba i kierowcy.



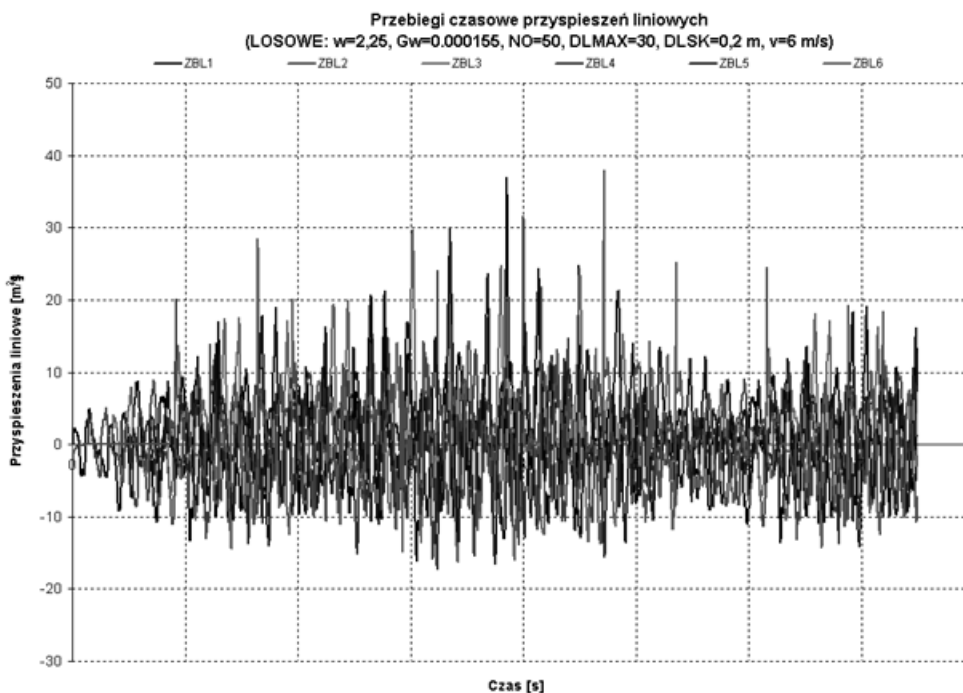
Rys. 5. Przemieszczenia liniowe kół nośnych lewej strony czołgu



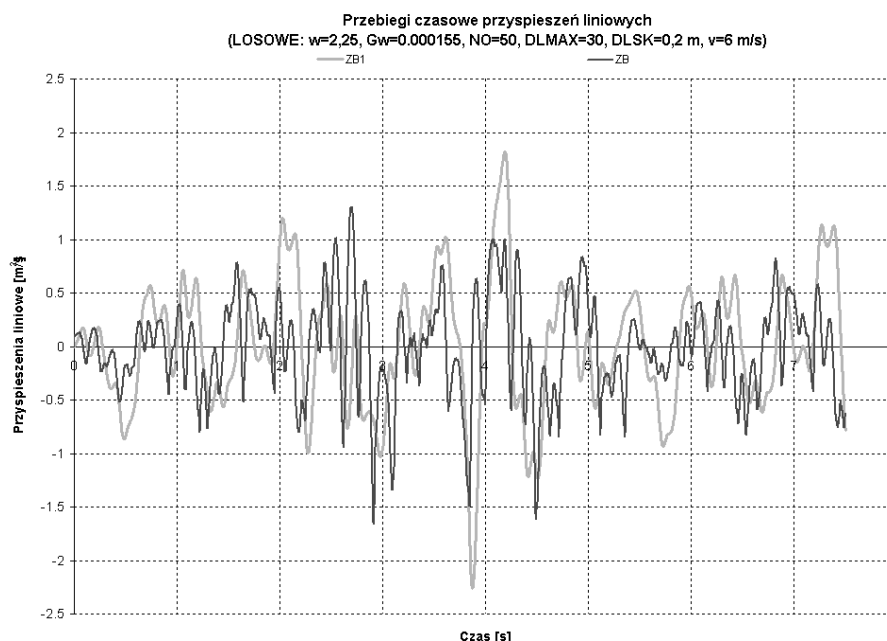
Rys. 6. Przyspieszenia liniowe czołgu (oznaczenia jak na rys. 4)

2.2.3. Jazda po drodze gruntowej

Droga gruntowa jest najczęstszym podłożem po którym poruszają się pojazdy gąsienicowe, podłożem o losowo rozłożonych nierównościach i wysokościach profilu. Poniżej, na rys. 7 i 8, przedstawiono niektóre wyniki badań modelowych czołgu poruszającego się po drodze gruntowej ze stałą prędkością 6m/s.



Rys. 7. Przyspieszenia liniowe kół (oznaczenia jak na rys. 3)



Rys. 8. Przyspieszenia liniowe czołgu (oznaczenia jak na rys. 4)

Przedstawione wyniki badań odnoszą się do modelu czołgu, którego parametry charakterystyczne przyjęto na podstawie wstępnych założeń taktyczno-technicznych, założeń konstrukcyjnych oraz niektórych, już istniejących, przewidzianych do zastosowania rozwiązań konstrukcyjnych. Uzyskane rezultaty wskazują na potrzebę skorygowania i urealnienia niektórych danych charakterystycznych.

Opracowany model jest uniwersalny i pozwala realizować badania obciążeń dynamicznych, działających na gąsienicowe wozy bojowe i pojazdy wieloosiowe, ich załogi i wyposażenie. Badania można realizować wielowariantowo, uwzględniając między innymi:

- zmianę położenia środka masy pojazdu i parametrów masowych,
- zmianę wymuszenia,
- zmiany charakterystyk elementów sprężystych i tłumiących zawieszenia (nieliniowe, liniowe),
- możliwość zmiany charakterystyk sprężystych i tłumiących kół jezdnych,
- różne charakterystyki właściwości podłoża,
- wpływ uszkodzeń układu jezdnego, a w szczególności elementów zawieszenia na obciążenia dynamiczne pojazdu.

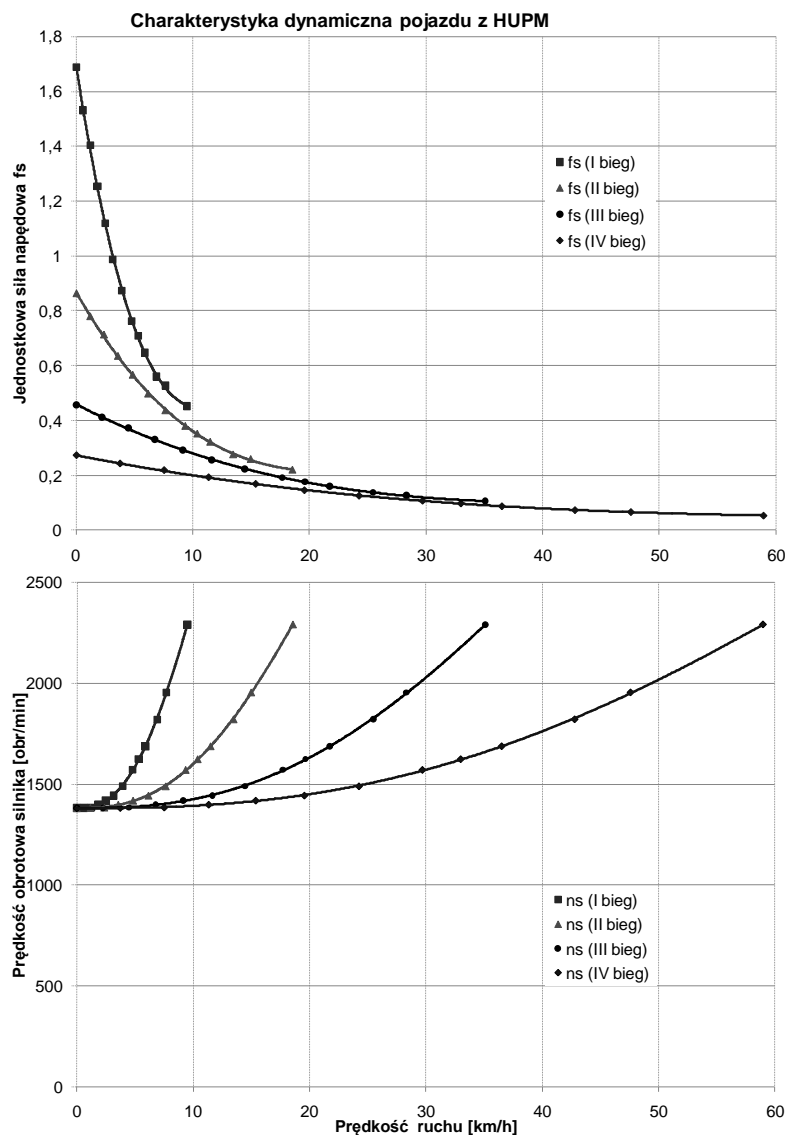
3. WŁAŚCIWOŚCI TRAKCYJNE CZOŁGU Z HYDROMECHANICZNYM UKŁADEM NAPĘDOWYM (HMUN)

Charakterystyki trakcyjne obliczono dla przyjętych mas bojowych czołgu lekkiego. Z uwagi na różne opcje wyposażenia, przyjęto trzy warianty czołgu o masach m_1 , m_2 i m_3 , przy następujących relacjach między nimi $m_1 < m_2 < m_3$.

Istotne parametry układu napędowego i jezdnego przyjęto wg dokumentacji technicznej i wstępnych założeń taktyczno – technicznych. Ze względu na obiekt badań, parametry mają charakter ogólny i tak: przełożenie przekładni wstępnej wynosi i_{pw} ; przełożenie przekładni bocznej i_{PB} ; promień koła napędowego R_k ; sprawność mechanizmu gąsienicowego η_{zg} oraz roboczy zakres pracy zmiennika momentu w przedziale przełożeń kinematycznych $i_k = (0.0 \text{ do } 0.95)$.

3.1. Charakterystyka dynamiczna czołgu

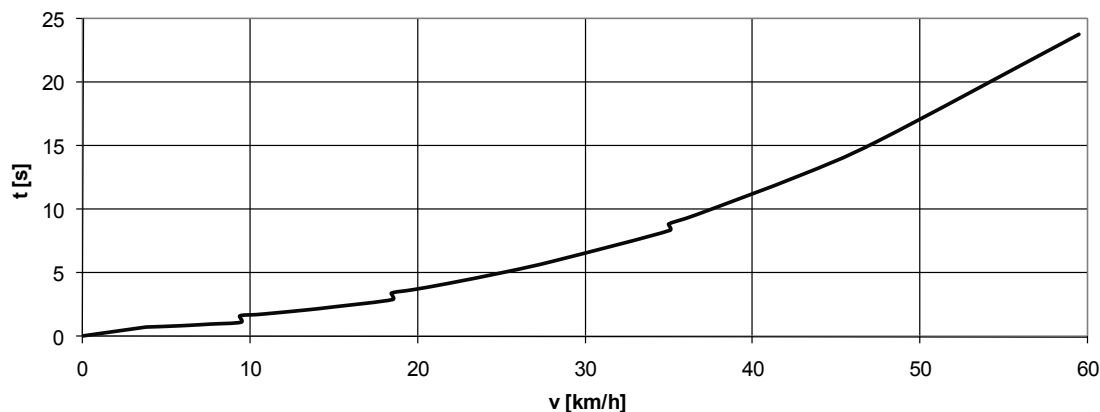
Charakterystyki dynamiczne obliczono wykorzystując oryginalne oprogramowanie komputerowe o nazwie DYNH [1]. Wyznaczone charakterystyki dynamiczne czołgu lekkiego dla przyjętych mas bojowych przedstawiono odpowiednio na rys. 9. Wykresy na poniższych rysunkach przedstawiają zależności jednostkowych sił napędowych, uwarunkowanych mocą silnika, od prędkości ruchu. Ponadto dla każdego przypadku zestawiono zależność prędkości obrotowej silnika od prędkości ruchu na poszczególnych biegach.



Rys. 9. Charakterystyka dynamiczna czołgu lekkiego o masie m_2 (u góry) oraz wykresy prędkości obrotowej silnika w funkcji prędkości jazdy na poszczególnych biegach (u dołu)

3.2. Charakterystyka rozbiegu

W kolejnym etapie analizy obliczono charakterystykę rozbiegu. Wykonano ją wykorzystując oryginalny program ROZBIEGH, dla modelu o masie bojowej m_2 w przyjętych warunkach ruchu. Wykres rozbiegu przedstawia rys. 10.



Rys. 10. Charakterystyka rozbiegu czołgu lekkiego o masie m_2

Obliczone charakterystyki oraz ich istotne parametry dają podstawę do twierdzenia, że przyjęty do zastosowania w czołgu silnik i hydromechaniczny układ napędowy mogą zapewnić wysoką ruchliwość i dobrą dynamikę jazdy nie tylko na drodze utwardzonej, ale również podczas jazd terenowych.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Uzyskane rezultaty badań symulacyjnych potwierdzają uniwersalność opracowanych modeli czołgu oraz możliwość wielowariantowej analizy zarówno obciążeń dynamicznych podczas jazd terenowych, jak i właściwości trakcyjnych. Przyjęte do budowy modeli parametry techniczne, charakterystyki zespołów i elementów oraz ich zastosowanie w projektowanym czołgu pozwalają na osiągnięcie dobrego pojazdu klasy czołg lekki.

5. LITERATURA

- [1] Borkowski W., Rybak P., Michałowski B.: Wpływ rodzaju zawieszenia pojazdu gąsienicowego na obciążenia dynamiczne załogi i wyposażenia wewnętrznego, Journal of Kones Powertrain and Transport, Vol. 13, nr 4/2006.
- [2] Borkowski W., Rybak P., Michałowski B., Pańczuk E.: Model investigations of traction properties of the high-speed tracklaying vehicle. Journal of Kones nr 2/2008.

MODEL RESEARCH OF THE LIGHT TANK BASING ON MULTI-TASK COMBAT PLATFORM

Abstract: Modelling test results of light tank demonstrator Based on "Anders" multitask combat platform were presented in the paper. Tests were executed in two stages. In the first stage, dynamic loads that act to a vehicle being in motion as well as traction features of the tank model provided with hydro-mechanical drive system were analyzed. In the second stage the tests of traction properties were performed. Tests results presented are to be considered as execution of assumed conditions.

Keywords: light tank, model tests, dynamic loads, traction characteristics.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Jerzy ŚWIDER - Politechnika Śląska, Gliwice.

W artykule wykorzystano wyniki projektu rozwojowego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w Warszawie o numerze O R00 0030 05.