

DOŚWIADCZALNE WYZNACZANIE CHARAKTERYSTYK TRAKCYJNYCH CZOŁGÓW ŚREDNICH

Streszczenie: W opracowaniu przedstawiono metodykę doświadczalnego określenia charakterystyk trakcyjnych czołgów średnich. Przedstawione wyniki oparte są na badaniach przeprowadzonych w warunkach poligonowych na wybranej grupie czołgów będących na wyposażeniu wojsk pancernych Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej.

1. WSTĘP

Ruchliwość wozu bojowego jest cechą charakteryzującą jego możliwości dynamiczne i manewrowe na polu walki. Głównymi parametrami i właściwościami czołgu, mającymi wpływ na jego ruchliwość są:

- prędkość jazdy (maksymalna, średnia w terenie, jazdy do tyłu),
- zasięg w różnych warunkach jazdy,
- możliwość uzyskania dużego przyspieszenia ruchu, a także szybkiego hamowania,
- możliwość wykonywania skrętów, bez znaczącego zmniejszania prędkości jazdy,
- możliwość podjazdu czołgu na wzniesienie i jego zjazdu ze wzniesienia oraz ruchu w poprzek stoku,
- możliwość pokonania różnorodnego terenu ze względu na rodzaj podłoża.

Większość podanych wyżej parametrów i właściwości można analizować na podstawie znajomości krzywych charakterystyk rozpędzania oraz charakterystyk dynamicznych rozpatrywanych pojazdów. Przedmiotem badań zrealizowanych w Wyższej Szkole Oficerskiej im. Stefana Czarnieckiego w Poznaniu było wyznaczenie charakterystyk rozpędzania, tzn. zależności prędkości prostoliniowego ruchu czołgu w funkcji czasu $v = f(t)$ oraz zależności przyspieszenia jakie jest w stanie osiągnąć czołg podczas rozpędzania z tzw. startu zatrzymanego, również w funkcji czasu $a = f(t)$.

2. METODYKA PROWADZENIA POMIARÓW

W celu otrzymania żądanych charakterystyk należało możliwie z dużą dokładnością określić rzeczywistą drogę jaką pokonuje każdy z badanych czołgów, tj. z uwzględnieniem przeslizgu taśm gąsienicowych, w funkcji czasu $S = f(t)$. Do tego celu wykorzystano zaprojektowany i wykonany w poznańskiej WSO układ tzw. piątego koła (rys. 1), w tym przypadku stanowiący swoisty rodzaj wózka na dwóch kołach holowany przez badany pojazd. Ramę nośną wózka wykonano ze stalowych ceowników, do budowy wykorzystano również ogólnie dostępne na rynku elementy zawieszenia pojazdów (sprężyny śrubowe, amortyzatory) oraz koła jezdne samochodu „Polonez”. Wózek podczas pomiarów był sprzęgnięty z holującym go pojazdem za pośrednictwem znormalizowanego zaczepu kulowego. Widoczne na rysunku

a)



b)



Rys. 1. Widok ogólny, z przodu (a) i z tyłu (b) tzw. piątego koła (wózka) wykorzystanego do badań.

dodatkowe talerze stanowiące obciążenie tylnej części wózka, zapewniały podczas realizacji pomiarów pewny i (co szczególnie ważne) ciągły kontakt kół jezdnych wózka z podłożem. W zależności od rodzaju badanego pojazdu miały one sumaryczną masę od 75 do 150 kg. Bezpośrednim narzędziem pomiarowym był przetwornik obrotowo-impulsowy *GI 331* produkowany przez niemiecką firmę *IVO GmbH & Co.*, którego podstawowe parametry przedstawiono w poniższej tabeli.



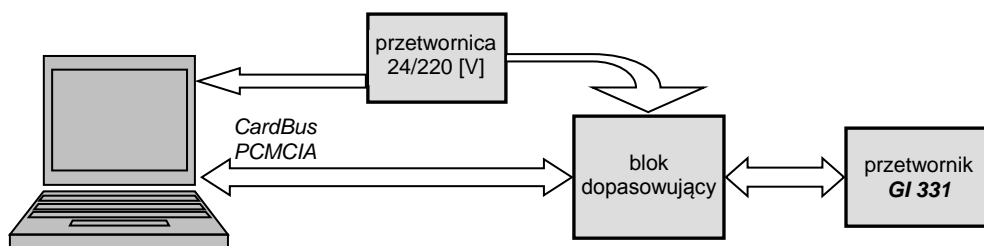
Parametr	Wartość
Zasilanie przetwornika DC [V]	10 +30
Pobór mocy (nieobciążony) [mA]	max. 60
Częstotliwość graniczna [kHz]	150
Sygnał wyjściowy	standard TTL
Liczba impulsów [imp./obrót]	5000
Średnica osi [mm]	Ø 12 (przelotowy)
Maksymalna prędkość obrotowa [obr/min]	≤ 6000
Odporność na wibracje i udary [m/s ²]	≤ 100 ≤ 1000
Temperatura pracy [°C]	-20 ++70
Wymiary [mm]	Ø 58 x 46

Rys. 2. Przetwornik obrotowo-impulsowy *GI 331* mocowany na osi koła jezdnego wózka.

Podziałka elementarna z jaką było możliwe za pośrednictwem wyżej przedstawionego wózka określenie przebytej przez czołg drogi jest ilorazem długości obwodu koła jezdnego i liczby impulsów generowanych przez przetwornik *GI 331*, czyli po podstawieniu wartości liczbowych otrzymujemy wartość około $\pm 0,18$ [mm]. Tak wysoka dokładność jest potrzebna, gdyż zarówno prędkość ruchu czołgu v jak i jego przyspieszenie a są kolejnymi pochodnymi po czasie i generowane błędy przy wyznaczaniu wartości przyspieszenia są opisane funkcjami kwadratowymi.

Sygnał pomiarowy (częstotliwość) był rejestrowany za pośrednictwem bloku dopasowującego, między innymi odpowiedzialnego za zasilanie przetwornika *GI 331*

i dalej archiwizowany był w trybie *on-line* na dysku twardym komputera klasy *Notebook* poprzez złącze *CardBus PCMCIA*. 16 kanałowa 100 kHz karta pomiarowa będąca kartą standardu *PCMCIA* wraz z przystawką *LTA16*, która stanowiła część bloku dopasowującego, tworzyła zestaw pomiarowy *LTPAD16V01-LTA16* wyprodukowany przez firmę *Latech s.c.* z Puław. Przedstawiony powyżej zestaw pomiarowy zasilany był napięciem 220 [V], które po podłączeniu do 24 woltowej instalacji pokładowej czołgu zapewniała 400 watowa przetwornica (rys. 3). Za programowe wsparcie procesu archiwizacji danych pomiarowych, jak również kontrolę poprawności rejestrowanych danych w trybie *on-line* odpowiedzialny był program *PCMonit for Windows* autorstwa uprzednio wspomnianej firmy.



Rys. 3. Schemat toru pomiarowego do rejestracji drogi przebytej przez pojazd.

Pomiary realizowane były na poziomym odcinku piaszczystej drogi gruntowej (współczynnik oporów toczenia f równy 0,07 [4]), o długości około czterystu metrów, przy bezwietrznej, słonecznej pogodzie wiosną 2001 roku. Badaniami objęto czołgi rodziny T-72: T-72 A, T-72 M1, PT-91, PT-91 M1 oraz w celach porównawczych wycofane z procesu szkolenia wojsk czołgi rodziny T-55 (wykorzystano w tym przypadku czołg T-55 A). Wszystkie testowane czołgi podczas jazdy po ustalonym odcinku trasy badawczej były kierowane przez jednego i tego samego doświadczanego kierowcę (podoficera kontraktowego).

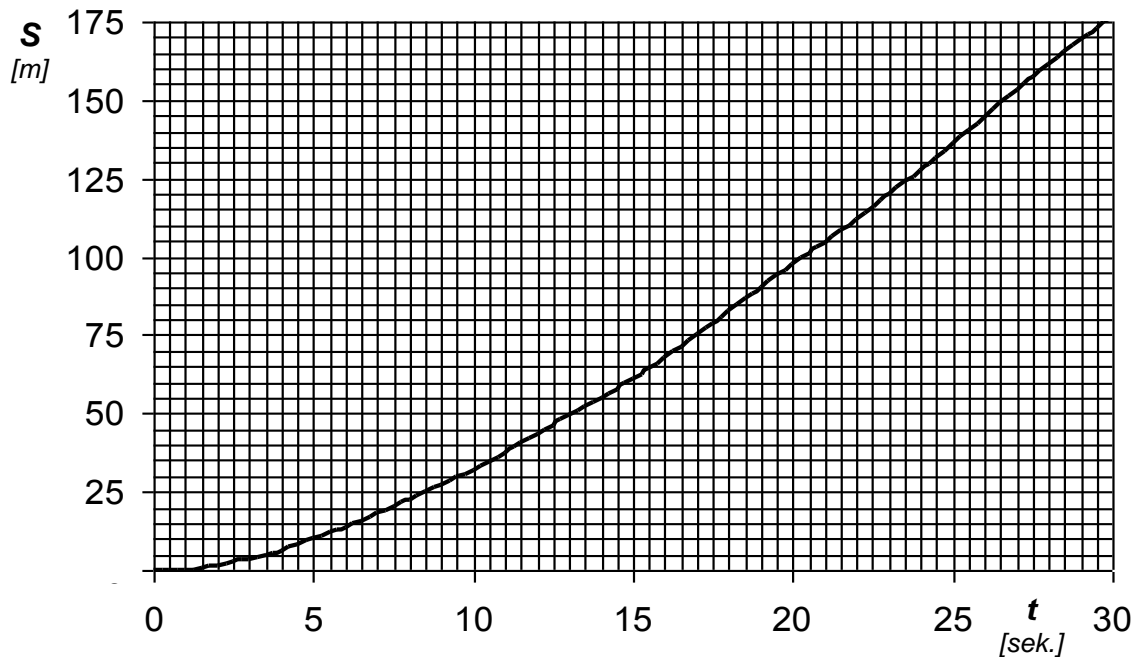
Istotnym zagadnieniem od strony konstrukcyjnej podczas tworzenia oprzyrządowania zapewniającego realizację badań było wykonanie i montaż również oprócz wyżej wspomnianego wózka pomiarowego odpowiednich do każdego z rodzaju czołgów haków (mocowanych do wsporników beczek dodatkowych), do których podczepiano wózek pomiarowy. Wszystkie prace montażowe wykonywano bezpośrednio na poligonie (rys. 4), w rejonie ustalonego odcinka trasy badawczej.



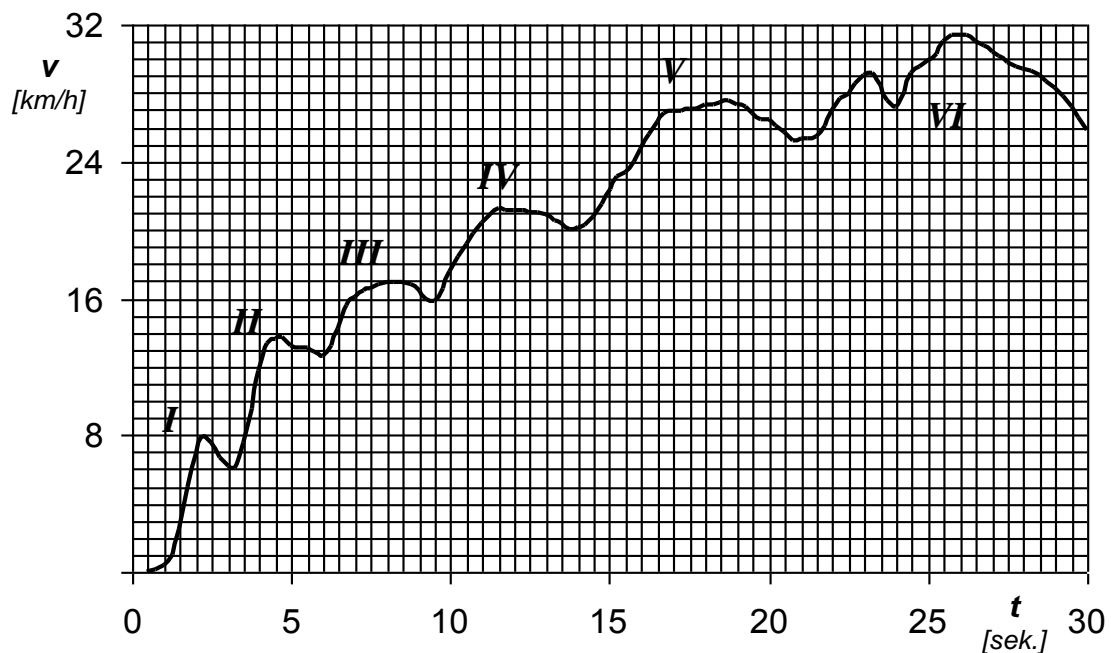
Rys. 4. Montaż elementu konstrukcyjnego (haka) zapewniającego podczepienie wózka do czołgu T-55 A

3. WYNIKI BADAŃ

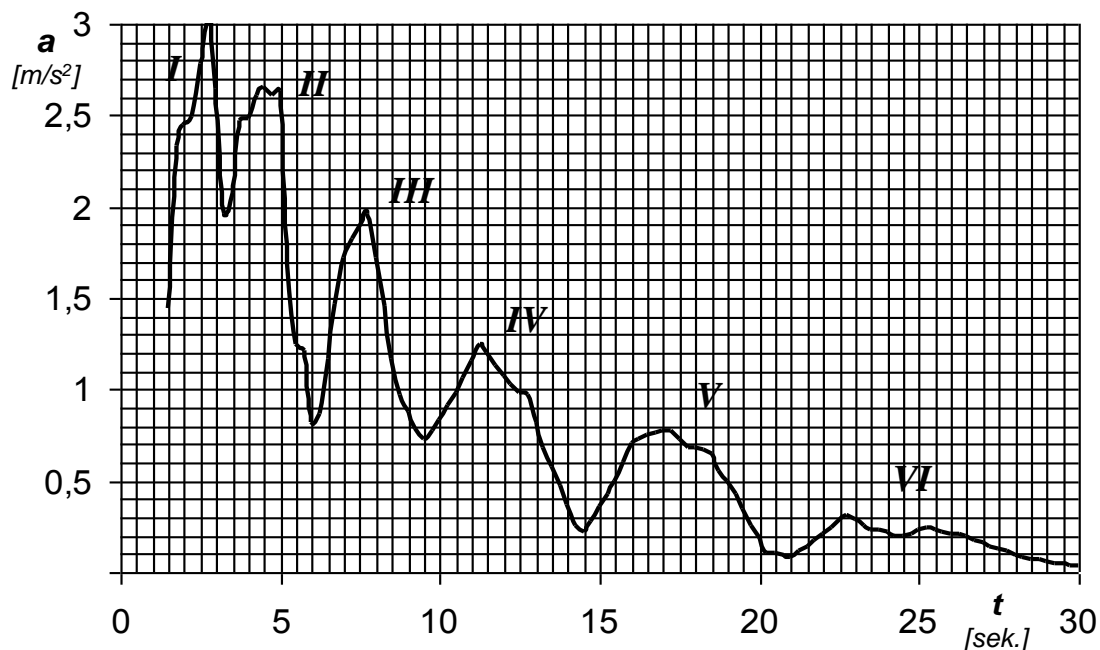
Przykładowe charakterystyki rozpędzania dla czołgu T-72 A przedstawiono na wykresach (kolejno rys. 5, 6 i 7). Z rysunku nr 5 można odczytać, że czołg ten ze startu zatrzymanego poruszając się ruchem przyspieszonym pierwsze sto metrów osiągnął po około 20,4 sekundach jazdy, a pokonanie 150 metrów wymagało czasu 26,5 sekundy.



Rys. 5. Charakterystyka rozpędzania czołgu T-72 A w układzie współrzędnych t, S .



Rys. 6. Charakterystyka rozpędzania czołgu T-72 A w układzie współrzędnych t, v .

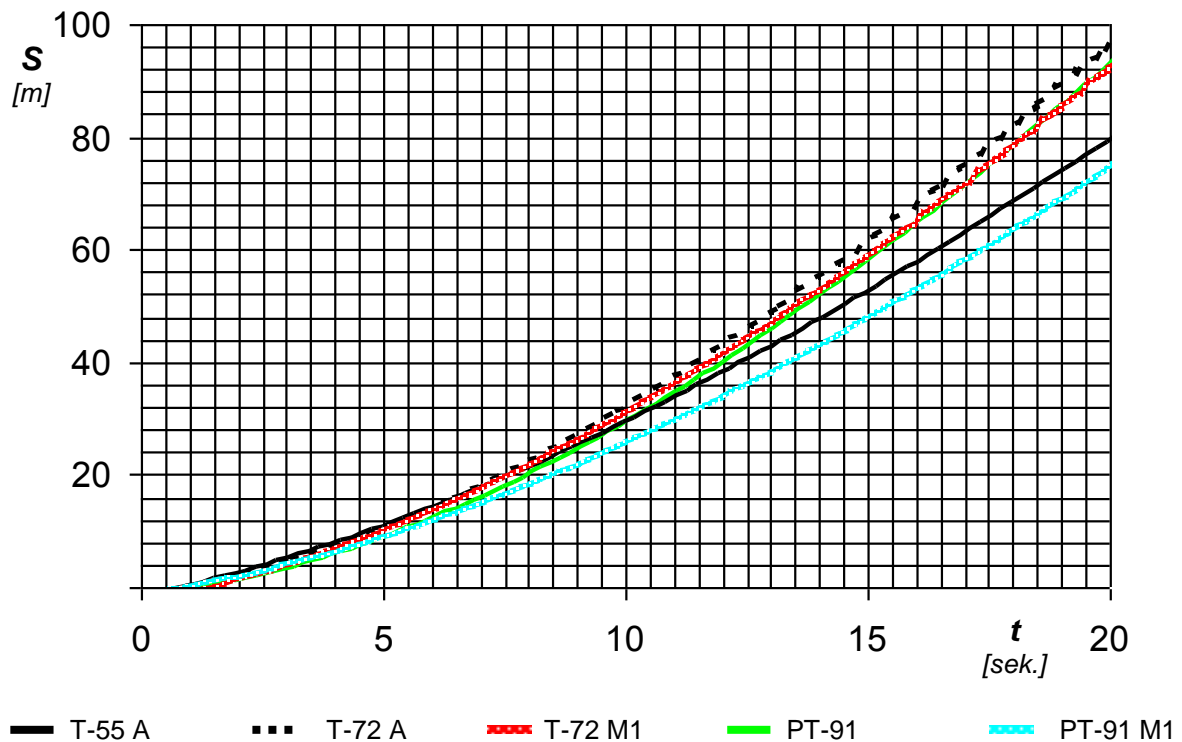


Rys. 7. Charakterystyka rozpędzania czołgu T-72 A w układzie współrzędnych t, a .

Po włączeniu przez kierowcę czołgu szóstego biegu wystąpiło charakterystyczne szarpnięcie, prawdopodobnie będące rezultatem niedostatecznej synchronizacji układu sterowania wyłączeniem obu skrzyń przekładniowych, w następstwie czego zarejestrowano chwilowy spadek prędkości jazdy v . W omawianym przypadku, już podczas jazdy na tym przełożeniu nastąpiła równowaga pomiędzy wartościami sił napędowych przyłożonych do kół napędowych czołgu (uwarunkowanych mocą zastosowanego silnika oraz sprawnością ogólną przeniesienia napędu) a występującymi oporami ruchu, uniemożliwiająca w konsekwencji dalszy przyrost prędkości jazdy. Prędkość maksymalna jazdy czołgu wyniosła $v_{max} = 31,7$ [km/h]. Precyzując należy zaznaczyć, zakładając ruch ustalony czołgu, że w tych warunkach nadwyżka siły napędowej na każdym z kół napędowych odniesiona tylko do oporów toczenia powinna wynosić niespełna 2 [kN] (dla czołgu PT-91, przy jego $v_{max} = 33,7$ [km/h] na szóstym biegu tylko 1 [kN], a dla czołgu T-55 A, przy jego $v_{max} = 25,0$ [km/h] na czwartym biegu 2,4 [kN]). Brak zdolności czołgów do dalszego przyspieszania należy tłumaczyć zużyciem eksploatacyjnym samych jednostek napędowych (osiągana moc była mniejsza od mocy nominalnej N_e), zwiększonymi stratami na drodze doprowadzenia napędu od silnika do kół napędowych oraz faktem, że czołgi poruszały się ruchem nieustalonym. Wartość przyspieszeń a podczas ruchu prostoliniowego na poszczególnych przełożeniach skrzyń przekładniowych osiągnięta przez czołg T-72 A zawierała się w przedziale od wartości 3 [m/s²] na biegu pierwszym, do wartości zbliżonej do zera na biegu szóstym. Wyznaczone wskaźniki mogą mieć w przypadku zasilania jednostek napędowych paliwem F-34 dodatkowo obniżone o 2÷5 % wartości [1].

Zbiórce charakterystyki rozpędzania badanych czołgów w układzie t, S przedstawiono na wykresie (rys. 8). Ze względu na wartość podziałki, rysunek ten przedstawia zależność $S = f(t)$ uwzględniający tylko pierwsze dwadzieścia sekund jazdy poszczególnych czołgów z tzw. startu zatrzymanego. Najkorzystniejszą zdolność do rozpędzania na suchej, piaszczystej drodze gruntowej posiadał czołg T-72 A. Jednak należy zaznaczyć, że czołgi T-72 M1 i PT-91 nieznacznie mu pod tym względem ustępują, ze względu odpowiednio dla pierwszego czołgu na

wzrost masy przy niezmienionej jednostce napędowej oraz zmianę wskaźnika mocy jednostkowej w drugim przypadku. Krzywa $S = f(t)$ dla czołgu PT-91 M1 jest odzwierciedleniem nawet niższych wartości w porównaniu z czołgiem T-55 A. Prawdopodobnie miało to związek z tym, że wersja czołgu PT-91 M1 jest modernizacją czołgu T-72 M1 do standardu PT-91 realizowaną w czasie remontu konserwacyjnego i przy niekorzystnym wskaźniku mocy jednostkowej dodatkowy niekorzystny wpływ odgrywały w tym przypadku straty mechaniczne w układach przeniesienia mocy i bieżnym.

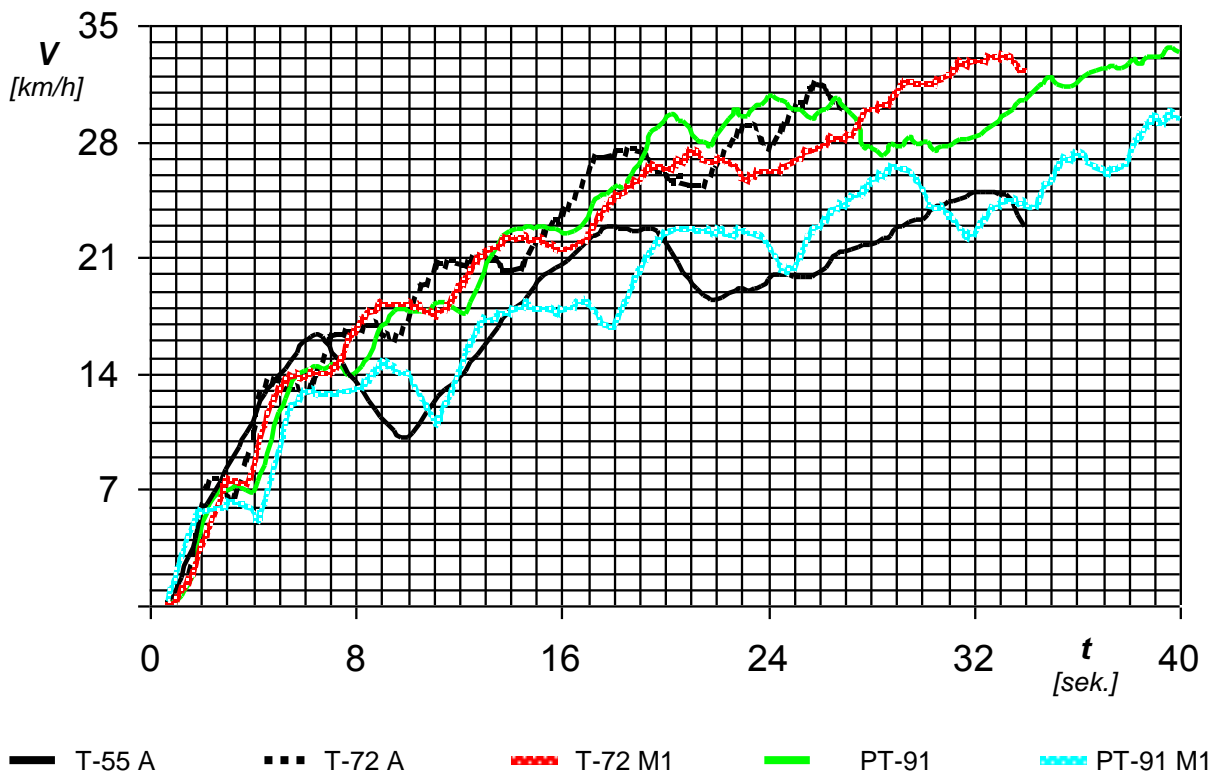


Rys. 8. Charakterystyki rozpędzania badanych czołgów średnich w układzie współrzędnych t, S .

Zbiorcze zestawienie charakterystyk rozpędzania badanych czołgów w układzie współrzędnych t, v przedstawiono na wykresie (rys. 9). Widoczne jest, że opory ruchu były tak znaczne, że żaden z badanych czołgów rodziny T-72 wyposażony w standardową jednostkę napędową nie był w stanie poruszać się na suchej piaszczystej drodze gruntowej z wykorzystaniem siódmego przełożenia skrzyń przekładniowych, a czołg T-55 A piątego biegu (v_{max} czołgi osiągały odpowiednio na biegu szóstym i czwartym). Należy zaznaczyć, że podczas testów czołg T-55 A ruszał z miejsca z biegu drugiego, a kierowca czołgu wykorzystywał w tym przypadku do ruszenia z miejsca elementy sterujące pracą planetarnych mechanizmów skrzętu /PMS/. Czołg T-72 A potrzebował tylko 26 sekund ażeby kierowca mógł włączyć bieg szósty i osiągnąć w tych warunkach prędkość maksymalną równą 31,7 [km/h], natomiast w przypadku czołgów T-72 M1 i PT-91 M1 potrzebował on już odpowiednio około 33 i 40 sekund aby móc zrealizować tę czynność i osiągnąć w założonych warunkach prędkość maksymalną, w obu przypadkach nieznacznie przekraczając wartość 33 [km/h]. O ile czołg T-55 A potrzebował około 32 sekund do osiągnięcia prędkości maksymalnej, to uzyskana wartość tej prędkości, rzędu 25 [km/h] odbiegała już od wszystkich badanych wersji czołgu T-72.

W wyniku prowadzonych badań można zauważyć, że dla warunków określonych parametrami ustalonego odcinka trasy badawczej nie wszystkie czołgi osiągnęły prędkość

jazdy równą 32 [km/h], której to czas osiągnięcia z tzw. startu zatrzymanego występuje w literaturze (odpowiednio 20 [mil/h]) jako kryterium porównawcze charakteryzujące zdolność rozpędzania poszczególnych czołgów w terenie. Wobec powyższego można za kryterium porównawcze przyjąć w tym przypadku na przykład czas osiągnięcia ze startu zatrzymanego prędkość jazdy równej 20 [km/h]. I tak do osiągnięcia tej wartości czołgi potrzebowały odpowiednio: T-55 A - 15,2 [sek.], T-72 A - 10,8 [sek.], T-72 M1 - 13,0 [sek.], PT-91 - 12,5 [sek.] i dla PT-91 M1 aż 18,9 [sek.].



Rys. 9. Charakterystyki rozpędzania badanych czołgów średnich w układzie współrzędnych t, v .

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pozwoliły na drodze doświadczalnej wyznaczyć charakterystyki rozpędzania czołgów średnich będących na wyposażeniu wojsk lądowych Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. Przyjęta metodyka prowadzenia pomiarów okazała się słuszną a otrzymane wyniki porównywalne z danymi literaturowymi. Zbudowany tor pomiarowy cechuje uniwersalność ponieważ zapewnia on pomiar charakterystyk rozpędzania dowolnego pojazdu mechanicznego, niezależnie od rodzaju podwozia. Otrzymane wartości są cennym źródłem do sporządzania na drodze analitycznej tzw. charakterystyk dynamicznych, niezbędnych do wszelkich analiz porównawczych szeroko pojętej ruchliwości pojazdów poruszających się na współczesnym polu walki. Daje się zauważyć, że wzrost mocy silnika w czołgach PT-91 „Twardy” do wartości 625 [kW] jest niewystarczający, przy jednoczesnym wzroście masy tego czołgu do 45,3 [t] a podane w artykule wartości wskaźników są na porównywalnym w stosunku do czołgów T-72 poziomie. Przyjęte rozwiązania jednostki napędowej (zbyt niska moc) oraz mechaniczny układ przeniesienia mocy (w odróżnieniu od układów hydromechanicznych z hydrostatycznym mechanizmem skrętu) sprawia, że pod

względem ruchliwości, będące obecnie na wyposażeniu Wojska Polskiego czołgi średnie znacznie odbiegają od współczesnych czołgów III generacji (niemiecki Leopard 2 potrzebuje około 6 sekund, żeby ze startu zatrzymanego osiągnąć prędkość 32 [km/h]). Należy wierzyć, że podjęcie niezbędnej w zaistniałej sytuacji decyzji o modernizacji czołgów rodziny T-72, będących na wyposażeniu pododdziałów czołgów Wojska Polskiego, realizowanej zarówno poprzez wdrożenie do produkcji rodzimych rozwiązań zespołów napędowych jak i poprzez zastosowanie zagranicznych, głównie niemieckich rozwiązań konstrukcyjnych układów przeniesienia mocy, moim zdaniem zostanie podjęta przez ośrodki decyzyjne już w niedalekiej przyszłości celem poprawy szeroko rozumianej ruchliwości tych czołgów.

5. LITERATURA

- [1] BACZEWSKI K., DZIURZYŃSKI W., KAŁDOŃSKI T., SZPAK R.: Doskonalenie systemu zaopatrywania w paliwo (1). Przegląd Wojsk Lądowych, nr 10, 2001.
- [2] BEHRENDT J., LEŚNIEWSKI Z.: Analiza porównawcza układów napędowych czołgów średnich. Materiały XIV Seminarium Koła Naukowego Mechaników, WAT, Warszawa 1995.
- [3] BEHRENDT J.: Wyznaczanie charakterystyk trakcyjnych wybranych pojazdów gąsienicowych będących na wyposażeniu wojsk pancernych i zmechanizowanych. Zeszyty Naukowe WITPiS, nr 3, 2001.
- [4] BURDZIŃSKI Z.: Teoria ruchu pojazdu gąsienicowego. WKiŁ, Warszawa 1972.
- [5] CHODKOWSKI A.W.: Konstrukcja i obliczanie szybkobieżnych pojazdów gąsienicowych. WKiŁ, Warszawa 1990.
- [6] CHODKOWSKI A.W.: Badania modelowe pojazdów gąsienicowych i kołowych. WKiŁ, Warszawa 1982.
- [7] DAJNIAK H.: Ciągniki. Teoria ruchu i konstruowanie. WKiŁ, Warszawa 1985.
- [8] ORŁOWSKI L.: Nowoczesne układy napędowe i bieżne wozów bojowych. Wojskowy Przegląd Techniczny, nr 6, 1992..

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF ACCELERATING CURVES OF MBTs

Abstract: The study presents the methodology of experimental determination of accelerating curves of MBTs. The paper presents the results of research done on military training ground with selected types of tanks operating in the Polish Armed Forces.

Recenzent: dr inż. Zbigniew RACZYŃSKI