

PROPOZYCJA POPRAWY MANEWROWOŚCI CZOŁGU TWARDY

Janusz MYSŁOWSKI*

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
e-mail: janusz.myslowski@plusnet.pl

Artykuł wpłynął do redakcji 30.12.2012 r., Zweryfikowaną i poprawioną wersję po recenzjach i korekcie otrzymano w grudniu 2013 r.

© Zeszyty Naukowe WSOWL

W artykule przedstawiono podstawowe parametry charakteryzujące manewrowość oraz dokonano przeglądu współczesnych czołgów z punktu widzenia parametrów świadczących o tych właściwościach. Na tle innych czołgów średnich pokazano parametry czołgu Twardy. Na podstawie badań własnych dotyczących elastyczności spalinowych silników wysokoprężnych zaproponowano możliwości poprawy parametrów silnika czołgu Twardy w ten sposób, by nie przekraczano jego obciążeń cieplnych i mechanicznych. Rozwiązanie to ma a jednocześnie służyć poprawie jego manewrowości przy względnie niewysokim nakładzie pracy. Przedstawiono jego wpływ na parametry napalenia silnika oraz zadymienie spalin.

Słowa kluczowe: czołgi, PT-91 Twardy, silniki czołgowe, manewrowość

WSTĘP

Manewrowość taktyczna określa zarówno ruchliwość, jak i „przeżywalność” pojazdów wojskowych bezpośrednio na polu walki, w skład których wchodzi takie parametry jak: prędkość maksymalna na szosie, prędkość w terenie, przyspieszenie, zasięg jazdy, zdolności pokonywania różnego rodzaju przeszkód oraz, uznawany za podstawowy, parametr zwany mocą jednostkową [2]. Właściwie decydujący wpływ na zdolności przyspieszania, pokonywania wzniesień oraz uzyskiwania maksymalnych prędkości jazdy pojazdów ma moment obrotowy silnika, który wpływa na jego elastyczność, a tym samym na zdolność przystosowania się do zmiennych obciążeń i prędkości obrotowych [8]. Na manewrowość broni pancernej, oprócz wspomnianych czynników, ma również wpływ budowa pojazdów oraz właściwości układów bieżnych, czyli budowa zawieszania, układów skrętnych [8]. Elastyczność czołgu jest zatem jednym z podstawowych jego wskaźników eksploatacyjnych. W artykule przedstawiono osiągi pojazdów opancerzonych dotyczące wybranych parametrów ich ruchliwości. Porównano parametry charakterystyczne pojazdu produkowanego w kraju i użytkowanego w naszej armii z osiągi pojazdów innych armii. Poprawę tego parametru można uzyskać różnymi drogami. Jedną z najprostszych jest poprawa elastyczności silnika napędzającego czołg, która nie musi wymagać powiększenia jego mocy, a więc wzrostu obciążeń cieplnych i mechanicznych. Na podstawie danych dotyczących tendencji rozwojowych

silników czołgowych określono potrzeby w zakresie poprawy ich elastyczności jako jednego z parametrów wpływających w znacznym stopniu na ruchliwość tych pojazdów.

Oprócz dobrych właściwości układu bieżnego, także układ przeniesienia mocy, a przede wszystkim elastyczność pracy silnika i jego duża moc jednostkowa wpływają wydatnie na zwiększenie maksymalnych prędkości (do 75-80 km/h) oraz na uzyskiwanie dużych przyspieszeń i prędkości średnich w terenie, dochodzących do 56 km/h. Osiąga się to głównie dzięki zwiększeniu mocy jednostkowej pojazdu do wartości 20-22 kW/t [8].

Na tle takich pojazdów, jak M1A1 Abrams (19,6 kW/t) czy Leopard 2 (20 kW/t), nasze pojazdy nie prezentują się zbyt okazale, bo T-72 M1 (14,88 kW/t), T-72 M1 (17,5 kW/t) czy PT-91A (17,52 kW/t), dość znacznie odstają od nich [6]. Pojazdy o dużych mocach charakteryzują się dużymi przyspieszeniami, choć w przypadku czołgu Abrams uzyskano je raczej w wyniku dużej elastyczności silnika turbospalinowego w porównaniu z tłokowym i w tym kierunku powinny pójść poszukiwania nowych rozwiązań. Jako kryterium oceny zdolności przyspieszania przyjęto czas osiągnięcia przez czołg prędkości 32 km/h (20 mil/h). Zgodnie z tym kryterium zdecydowanie najlepszym z zagranicznych jest amerykański czołg Abrams, który osiąga wymaganą prędkość w ciągu 7 s, podczas gdy czołg Leopard o minimalnie większej mocy jednostkowej po 9,5 s, T-72 po 10,5 s, a przestarzały T-55 dopiero po 18 s. Dobre właściwości trakcyjne czołgu Abrams [6] są spowodowane dużą elastycznością jego silnika, a w mniejszym stopniu mocą jednostkową, co wynika z tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości dynamiczne czołgów

L.p.	Czołg	Współczynnik mocy jednostkowej KW/Mg	Czas rozpędzania do prędkości 32 km/h s
1.	PT-91A1	17,52	11,0
2.	Leopard 2	20,05	9,5
3.	Abrams M1A1	19,6	7,0

Źródło: [2]

1. CZOŁGI TRZECIEJ GENERACJI

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie danych czołgów trzeciej generacji charakteryzujących je z punktu widzenia manewrowości. Elastyczność całkowitą wyznaczono przy pomocy wzoru :

$$E = M_{\text{omax}}/M_N : n_N/n_{\text{mmax}} \quad (1)$$

gdzie:

M_{omax} – maksymalny moment obrotowy silnika,

M_N – moment obrotowy odpowiadający mocy znamionowej,

n_N – znamionowa prędkość obrotowa silnika,

n_{mmax} – prędkość obrotowa maksymalnego momentu obrotowego.

Tabela 2. Manewrowość czołgów trzeciej generacji

Lp.	Czołg	Silnik	Napełnienie silnika	Elastyczność całkowita E	Moc jednostkowa $N_{\%}$ kW/t
1.	Al. Khalid	6TD-2	turbodoładowany	1,414	19,60
2.	Altay	MTU MB-883 Ka-500	turbodoładowany	1,859	20,05
3.	AMX-40	V12X	turbodoładowany	1,693	18,80
4.	Arjun	MTU MB-838 Ka-501	turbodoładowany	1,949	17,56
5.	C-1 Ariet	Iveco V-12 MTCA	turbodoładowany	1,672	17,69
6.	Challenger-1,2	Condor CV12-1200TCA	turbodoładowany	1,477	14,23
7.	EE-T1 Osorio	MWM TBD 234-V12	turbodoładowany	1,757	19,86
8.	K1 Hyundai	MTU MB-871 Ka-501	turbodoładowany	1,663	17,29
9.	K2 Black Panther	MTU MB-883 Ka-500	turbodoładowany	1,859	20,05
10.	Leclerc	V8X1500	turbodoładowany	1,696	20,80
11.	Leopard 2	MTU MB-873 Ka-501	turbodoładowany	1,958	20,05
12.	M-84A	W-46-TK	turbodoładowany	1,890	17,52
13.	MB-3 Tanoyo	Scania DSI-14	turbodoładowany	2,093	12,25
14.	MB-3 Tanoyo III	Detroit Diesel 8V-92TA	turbodoładowany	1,721	12,86
15.	Merkawa Mk3	AVDS-1790-9AR	turbodoładowany	1,752	12,05
16.	Merkawa Mk4	MTU MB-883 Ka-500	turbodoładowany	1,859	18,38
17.	OF-40	MTU MB-838 Ca-M500	turbodoładowany	1,586	13,41
18.	Olifant Mk1-2	MWM TBD 234-V12	turbodoładowany	1,757	12,67
19.	Oplot-M	6TD-2E	turbodoładowany	1,414	19,17
20.	PT-91A (twardy)	S-1000	turbodoładowany	1,890	17,52
21.	Sabra Mk.II /M60T	MTU MB-881 Ka-500	turbodoładowany	1,859	12,46
22.	T-64BM Bulat	6TDF M	turbodoładowany	1,606	13,88
23.	T-72 M1	S-850	turbodoładowany	1,938	14,88
24.	T-72 M1	S-1000	turbodoładowany	1,890	17,52
25.	T-80UD	6TD-1	turbodoładowany	1,421	15,98
26.	T-84	6TD-2	turbodoładowany	1,414	18,38
27.	T-90	W-84-MS	doł. mechanicznie	1,738	13,28
28.	T-90	W-92S2	turbodoładowany	1,716	15,81
29.	T-90	W-96	turbodoładowany	1,751	15,81
30.	T-95	6TD-1	turbodoładowany	1,421	15,98
31.	TR-85M1	8VS-A2T2M	turbodoładowany	1,752	12,64
32.	Typ-80	12150L-7BW	turbodoładowany	1,782	13,93
33.	Typ-85-III	X150-960	turbodoładowany	1,772	17,29
34.	Typ-88	MTU MB-871 Ka-501	turbodoładowany	1,663	17,29
35.	Typ-90	Mitsubishi 10ZG	turbodoładowany	1,509	22,05
36.	Typ-90 II	6TD-2	turbodoładowany	1,414	18,38
37.	Typ-98	MTU MB-871 Ka-501	turbodoładowany	1,663	18,38
38.	Typ-99	MTU MB-871 Ka-501	turbodoładowany	1,663	16,33
Średnio				1,705	16,601

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2, 4, 2, 5, 6, 7]

Jak widać z przytoczonych danych, wyniki dla dużej zbiorowości czołgów nie są zbyt imponujące, a czołg PT-91 A1 wypada lepiej niż wynoszą wartości średnie dla całej badanej populacji.

2. ELASTYCZNOŚĆ SILNIKÓW CZOŁGOWYCH O OBJĘTOŚCI SKOKOWEJ POWYŻEJ 35,2 dm³

Dalsze porównania w odniesieniu do elastyczności prowadzono dla silników o pojemności skokowej, w klasie, w której mieścił się silnik czołgu Twardy, co przedstawiono w tabeli 3.

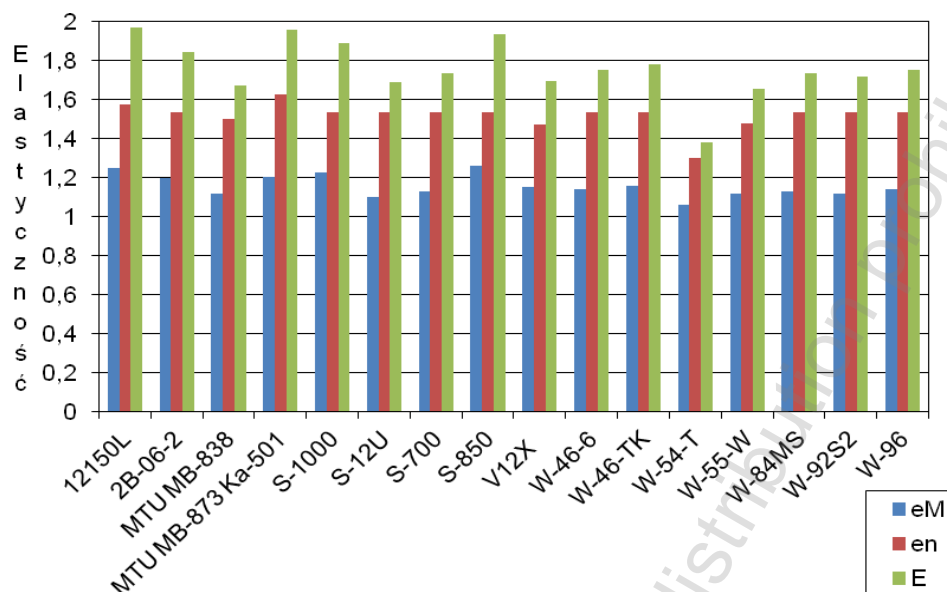
Tabela 3. Elastyczność silników czołgowych o objętości skokowej powyżej 35,2 dm³

Silnik	e_M	e_n	E
12150L	1,248	1,578	1,969
2B-06-2	1,200	1,538	1,846
MTU MB-838	1,115	1,500	1,673
MTU MB-873 Ka-501	1,205	1,625	1,958
S-1000	1,229	1,538	1,890
S-12U	1,100	1,538	1,692
S-700	1,129	1,538	1,736
S-850	1,260	1,538	1,938
V12X	1,151	1,471	1,693
W-46-6	1,140	1,538	1,753
W-46-TK	1,229	1,538	1,890
W-54-T	1,062	1,300	1,381
W-55-W	1,117	1,481	1,654
W-84MS	1,130	1,538	1,738
W-92S2	1,116	1,538	1,716
W-96	1,139	1,538	1,752
Średnio		1,760	

Źródło: Opracowanie własne

Przedział silników o objętości skokowej powyżej 35,2 dm³ przedstawiony w tabeli nr 3 i na rysunku 1 stanowią silniki wykorzystywane do napędu czołgów, w skład których wchodzi tylko cztery modele silników. Pierwszym modelem który został poddany modyfikacji jest silnik wysokoprężny W-2 o mocy 368 kW przy prędkości obrotowej 1800 min⁻¹ z roku 1941, wykorzystywany między innymi do napędu czołgu T-34 rosyjskiej spółki Barnaultransmash. Silnik W-2 stanowił dla wielu państw na świecie wzór do naśladowania w konstruowaniu silników. Wraz z upływem czasu, od drugiej wojny światowej i czasów zimnej wojny był poddawany modernizacji, począwszy od zwiększenia średnicy cylindrów, poprzez powiększenie kąta rozchylenia między rzędami cylindrów z 45° do 60°, zwiększanie ciśnienia wtrysku paliwa, a skończywszy na sukcesywnym ulepszaniu sposobu doładowania oraz zwiększaniu zarówno mocy silnika, jak i znamionowej prędkości obrotowej. Silnik W-2 zmodyfikowany został przez kilka firm na świecie, mianowicie przez Rosyjską firmę Czelabińsk, czy Barnaultransmash, przez polskie Zakłady Mechaniczne PZL-Wola oraz chińską spółkę Norinco. Firma Czelabińsk, istniejąca w Rosji od roku 1933, specjalizuje się zarówno w produkcji pojazdów gaśnicowych wykorzystywanych w różnych gałęziach przemysłu, jak i samych silników. W omawianej grupie objętości skokowej Czelabińsk oferuje między innymi silniki serii „W” wolnossące, doładowane mechanicznie, jak i turbodoładowane

o mocy od 261 kW do 735 kW przy prędkości obrotowej 2000 min⁻¹, oraz momencie obrotowym od 1700 Nm do 4000 Nm przy prędkości 1300 obr/min.



Rys. 1. Elastyczność silników o pojemności skokowej powyżej 35 dm³

Źródło: Opracowanie własne

Polskie Zakłady PZL-WOLA w objętości skokowej powyżej 35,2 dm³ oferowały takie odmiany silników, jak S-700, S-12U, S-850 oraz S-1000. Silnik S-750 turbodoładowany, o mocy 515 kW i momencie obrotowym równym 2900 Nm, przeznaczony był do modernizacji czołgów T-55 polegającej na przebudowie oryginalnego silnika rosyjskiego W-55. Silnik S-12U posiada moc rzędu 645 kW, moment obrotowy równy 3300 Nm oraz jednostkowe zużycie paliwa na poziomie 245 g/kWh. Jest on postlicencyjną modernizacją silnika doładowanego mechanicznie W-46-6 przeznaczonego do napędu czołgu T-72M1 [7], natomiast silnik S-850 stanowi alternatywę silnika S-12U, gdyż posiada korzystniejsze parametry eksploatacyjne (maksymalny moment obrotowy rzędu 3800 Nm oraz jednostkowe zużycie paliwa na poziomie 212 g/kWh) uzyskane poprzez zmianę sposobu doładowania z mechanicznego na turbosprężarkowe [4, 5, 6]. Dzięki wykorzystaniu turbodoładowania silnik charakteryzuje się niższym o około 16 % minimalnym zużyciem paliwa oraz lepszymi właściwościami dynamicznymi wskutek większego o około 15 % momentu obrotowego w dolnym zakresie obrotów eksploatacyjnych [9]. Silnik S-1000 stanowi drugi etap modernizacji silnika S-850 poprzez zastosowanie nowoczesnej instalacji wtryskowej oraz wysokiego turbodoładowania powodującego wzrost zarówno mocy do 732 kW, jak i momentu obrotowego do 4300 Nm. Chińska korporacja NORINCO oferuje serię silników wolnossących 12150L, za wyjątkiem serii 12150L-7BW, które są doładowane turbosprężarką. Silniki te produkowane są na licencji rosyjskiego silnika W-54-T i posiadają średnią moc rzędu 736 kW oraz średni moment obrotowy równy 2156 Nm. Niemcy w objętości skokowej powyżej 35,2 dm³ proponują silniki wielopaliwowe firmy MTU serii 830 dziesięciocylindrowe oraz 870 dwunastocylindrowe turbodoładowane o bezpośrednim wtrysku paliwa, posiadające średnią moc rzędu 792 kW przy prędkości obrotowej 2320 min⁻¹ oraz moment obrotowy równy 3654 Nm przy prędkości 1520 obr/min. Ostatnim badanym silnikiem

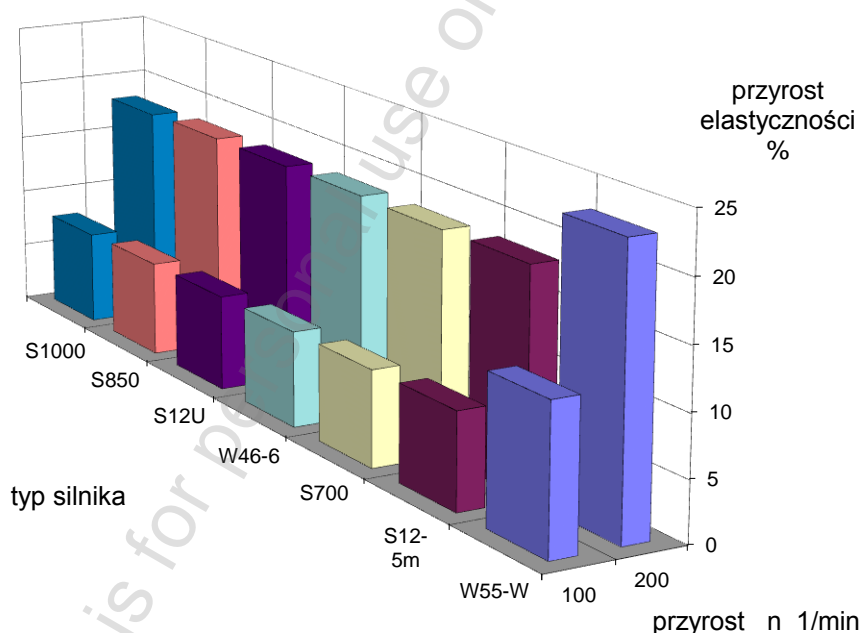
w omawianej objętości skokowej jest jeden z najmocniejszych oferowanych silników fińskiej spółki Wärtsilä V12X o mocy rzędu 810 kW przy prędkości obrotowej 2500 min^{-1} i momencie obrotowym 3550 Nm przy 1700 obr/min, który jest wykorzystywany między innymi do napędu francuskiego czołgu AMX-40 [2].

3. DROGI POPRAWY ELASTYCZNOŚCI SILNIKA S-1000

Mając na uwadze fakt, że dalsze powiększanie mocy silnika stosowanego do napędu polskiego czołgu nie wchodzi w grę ze względu na nieprzekraczanie obciążeń cieplnych i mechanicznych, można by poprawić jego elastyczność, a tym samym ruchliwość czołgu, stosując chociażby doładowanie kombinowane (turbodoładowanie + dynamiczne). Przy niewielkich zmianach układu dolotowego, można przemieścić maksimum momentu obrotowego w kierunku niższych prędkości obrotowych, tym samym poprawiając jego elastyczność. Dla wymienionych w tabeli 2 i 3 polskich silników czołgowych nawet niewielkie rozszerzenie zakresu użytecznej prędkości obrotowej, przy pozostawieniu tej samej wartości maksymalnej momentu obrotowego, mogłoby znacznie poprawić wartość współczynnika elastyczności. Wyniki symulacji zmian zakresu prędkości obrotowej w przypadku rozszerzenia zakresu tej prędkości o 100 oraz 200 min^{-1} przedstawiono na rysunku 2.

Jak można było się spodziewać, największy przyrost można uzyskać dla silnika o najgorszych parametrach operacyjnych.

Analiza rysunku 2 wskazuje, że rozszerzenie zakresu rozpiętości (nN/nm_{max}) prędkości obrotowej daje duże możliwości poprawy elastyczności silników czołgowych.

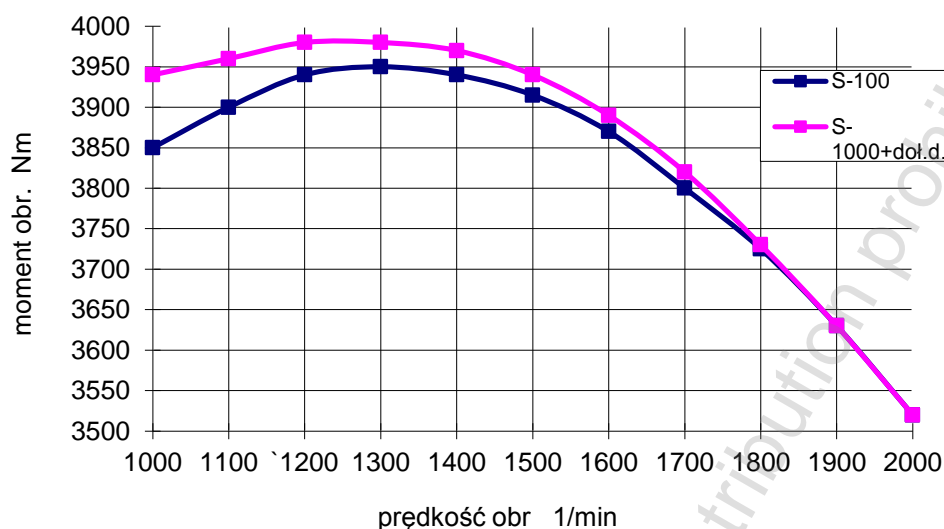


Rys. 2. Spodziewany przyrost elastyczności silników czołgowych

Źródło: Opracowanie własne

Dla silników wolnossących można to zadanie zrealizować przez zastosowanie doładowania dynamicznego (zmianę wymiarów geometrycznych układu dolotowego),

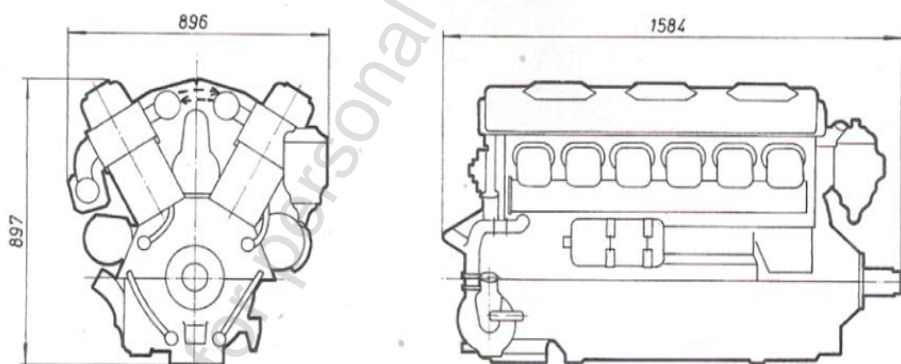
a dla silników doładowanych przez zastosowanie tego doładowania wspólnie z turbosprężarkowym.



Rys. 3. Przebieg krzywych momentu obrotowego jednej z wersji modernizacyjnych silnika S-1000, aktualny linia granatowa, z doładowaniem kombinowanym linia fioletowa

Źródło: Opracowanie własne

Przebieg krzywej momentu obrotowego dla silnika S-1000 uzyskany w drodze badań symulacyjnych przedstawiono na rysunku 3. Odpowiada on przyrostowi elastyczności tego silnika z rysunku 2 (poz.1, tj. o 100 1/min). Uzyskać to można przez przemieszczenie kolektorów dolotowych dla poszczególnego rzędu cylindrów, jak to pokazano na rysunku 4.

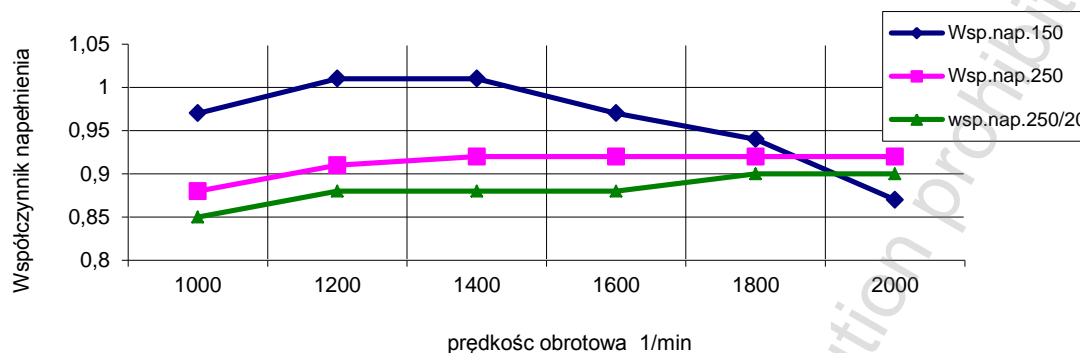


Rys. 4. Wymiary gabarytowe silnika czołowego S-1000 z zaznaczoną strzałkami zmianą przemieszczenia przewodów dolotowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

Analizując przebieg procesu napełnienia silnika o prostym kanale dolotowym w głowicy można sądzić, że przez powiększenie dawki wtryskiwanego paliwa w rejonie niższych obrotów niż 1300 1/min (maksymalny moment obrotowy silnika) uzyska się

wartość momentu obrotowego taką samą, jak w chwili obecnej. Podobny zabieg wykonany wcześniej na silniku Ursus S-312 o takim samym kanale dolotowym w głowicy przyniósł korzystne rezultaty bez wzrostu zadymienia spalin. Analizę przebiegu napełnienia silnika S – 1000 przedstawiono na rysunku 5.



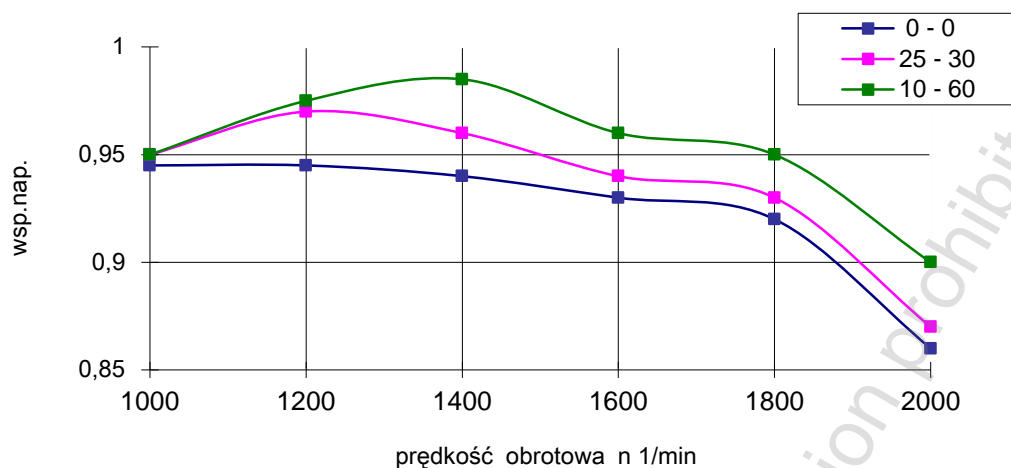
Rys. 5. Przebieg napełnienia silnika S-1000

Źródło: Opracowanie własne

Wsp. nap. 150 oznacza wartość współczynnika napełnienia dla długości przewodu dolotowego 150 mm, 250 mm odpowiednio jego długości 250 mm oraz 250 mm/20 dla długości przewodu dolotowego 250 mm i zmniejszonego kąta zamknięcia zaworu dolotowego do 20⁰ OWK.

Przebieg krzywych współczynnika napełnienia silnika S-1000 przedstawiony na rysunku 5. i 6 uzyskany został w drodze badań symulacyjnych w oparciu o programy Siguranza i Orient [6]. Pozwala to przypuszczać, że zwiększenie długości przewodu dolotowego do 250 mm i zmniejszenie kąta zamknięcia zaworu dolotowego po zwrocie korbowym do 20⁰ OWK spowoduje znaczny wzrost napełnienia silnika w rejonie małych prędkości obrotowych, co niestety nie nastąpiło. Mimo tego można zwiększyć dawkę wtryskiwanego paliwa i spowodować przemieszczenie się maksimum momentu obrotowego w kierunku niższych prędkości obrotowych, powiększając tym samym elastyczność silnika, na co wskazują badania zadymienia spalin (rysunek 7). Pozostawienie niezmiennych nastaw zaworów, jak w silniku fabrycznym, też daje pewne możliwości, choć nie tak duże (około 3,4 %), jak przy kącie zamknięcia zaworu dolotowego 60⁰ po zwrocie korbowym (14,7 %). Wpływ kąta zamknięcia zaworu dolotowego na współczynnik napełnienia silnika widać wyraźnie na rysunku 6.

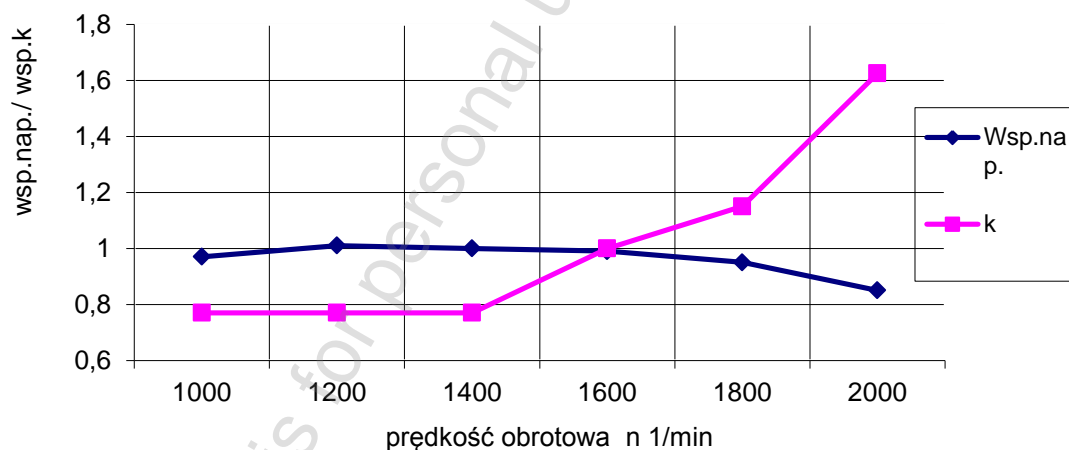
Widać wyraźnie, że skojarzenie kątów otwarć i zamknięć zaworu dolotowego wpływa korzystnie na napełnienie silnika z wtryskiem bezpośrednim o prostym kanale dolotowym w głowicy. Na podstawie przedstawionych przesłanek można stwierdzić, że dzięki niewielkim zmianom konstrukcyjno - regulacyjnym można podnieść wskaźniki manewrowości czołgu Twardy stosunkowo niewielkim nakładem środków, bez dodatkowych obciążeń mechanizmów przeniesienia napędu, uzyskując elastyczność rzędu 2,0. Dla silnika o podobnym przebiegu współczynnika napełnienia wzrost dawki wtryskiwanego paliwa nie jest groźny, gdyż w rejonie małych i średnich prędkości obrotowych (1000 do 1600 1/min) zadymienie spalin jest względnie niskie (rysunek 7).



Rys. 6. Zależność współczynnika napełnienia od kątów otwarcia i zamknięcia zaworu dolotowego 0 – 0, kąt otwarcia zaworu dolotowego 00, kąt zamknięcia zaworu dolotowego 00, 25 – 30, kąt otwarcia zaworu dolotowego 250, kąt zamknięcia zaworu dolotowego 300, 10 – 60 , kąt otwarcia zaworu dolotowego 100, kąt zamknięcia zaworu dolotowego 600 .

Źródło : Opracowanie własne

Przedstawiona na rysunku 7 zależność wynika przede wszystkim z ustawienia dawki pompy wtryskowej, która nie była korygowana na uzyskanie momentu obrotowego, a tylko na uzyskanie maksymalnej mocy, co przejawiało się nadmiernym zadymieniem w rejonie obrotów znamionowych silnika (5,2 j. Bosch tj. 1,68 1/m). Dlatego przez dobór odpowiedniej dawki pompy wtryskowej do silnika S-1000 można uzyskać zarówno przyrost momentu obrotowego w rejonie małych i średnich prędkości obrotowych oraz przyrost elastyczności.



Rys. 7. Zależność współczynnika zadymienia k i współczynnika napełnienia η_v silnika S-1000 od prędkości obrotowej

Źródło : Opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Jak wynika z przedstawionych rozważań, istnieją możliwości poprawy mobilności silników (postlicencyjnych) polskich czołgów bez konieczności zwiększania ich obciążeń cieplnych i mechanicznych, drogą prostych zabiegów, przede wszystkim regulacyjnych. W przypadku zmiany długości przewodu dolotowego też jest to zmiana jedynie jednego elementu konstrukcyjnego. Zwiększenie zakresu prędkości obrotowej momentu (elastyczności prędkości obrotowej) powinno przynieść zwiększenie elastyczności silnika o 12%, bez zmiany jego obciążenia.

LITERATURA

1. *Atlas Czołgi*, DeAgostini, Warszawa 2003.
2. Łomot M., *Ruchliwość wozów bojowych*. WPT, Warszawa 1991.
3. Michałowski B., Użycki D., Wysocki J., *Kształtowanie ogólnych układów konstrukcyjnych współczesnych czołgów*, [w:] „Nowa Technika Wojskowa”, nr 11/98, Warszawa 1998.
4. Mydlarz J., *Modernizacje napędu czołgu T-72*, [w:] „Nowa Technika Wojskowa” nr 11/98, Warszawa 1998.
5. Mysłowski J., Uzdowski M., *Uwagi na temat elastyczności silników czołgowych III Sympozjum Naukowo-Techniczne, Silniki spalinowe w zastosowaniach wojskowych*, Jurata 8-10 październik 1997.
6. Mysłowski J., Uzdowski M., *Wpływ elastyczności silnika na trakcyjność czołgu, IV Sympozjum Naukowo-Techniczne, Silniki spalinowe w zastosowaniach wojskowych*, Jurata 13-15 październik 1999.
7. Ożdżeński J., *Rozwój silników czołgowych produkowanych w Zakładach Mechanicznych „PZL-WOLA” w Warszawie*, PZL Wola, Warszawa 1995.
8. Struś M., Jamroziak K., Ożdżeński J., *Zwiększanie trakcyjności wozów bojowych przez poprawę efektywności pracy silników metodą turbodoładowania*, Politechnika Szczecińska, Szczecin 1999.

**PROPOSAL TO IMPROVE MANOEUVRABILITY
OF TWARDY BATTLE TANK**

Summary

The article presents the basic parameters characterizing manoeuvrability and provides an overview of modern battle tanks from the point of view of parameters proving these properties. The author compares the parameters of other medium battle tanks to the ones of the Twardy battle tank. On the basis of own research on flexibility of diesel engines, the author suggests how to improve engine parameters of the Twardy battle tank in such a way so as not to exceed its thermal and mechanical loads. The solution is at the same time to serve to improve its manoeuvrability at relatively small effort. The article also presents its impact on engine performance and exhaust fumes smokiness.

Keywords: battle tanks, PT-91 Twardy, tank engines, manoeuvrability

NOTA BIOGRAFICZNA

prof. dr hab. inż. d h.c. Janusz MYSŁOWSKI – jest pracownikiem Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie i Politechniki Koszalińskiej w Koszalinie. Zajmuje się eksploatacją pojazdów samochodowych, ze szczególnym uwzględnieniem rozruchu silników w niskich temperaturach otoczenia oraz doładowaniem silników. Jest autorem lub współautorem 14 książek i monografii z tej dziedziny oraz 195 publikacji w czasopismach krajowych i zagranicznych. Posiada współautorstwo 5 patentów, w tym 1 za granicą. Uczestniczy w pracach następujących gremiów naukowych: Komisji Motoryzacji PAN Oddział w Krakowie, Komisji Naukowo-Problemowej Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa przy Oddziale PAN w Lublinie, Rady Zarządzającej Centrum Certyfikacji Rzeczoznawców PZM oraz Komitetu Programowego Centrum Certyfikacji Rzeczoznawców PZMot jako przedstawiciel polskiej nauki. Jest członkiem rad redakcyjnych: Wydawnictw Komunikacji i Łączności, wydawnictwa Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa Motrol, Wydawnictwa Spatium – AUTOBUSY, czasopisma Silniki Spalinowe, wydawnictwa BAME – Bałtyckiego Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników z siedzibą w Kaliningradzie, jako członek założyciel. Nagrodzony przez Ministra NiSzW za podręcznik „Pojazdy samochodowe. Doładowanie silników” oraz wielokrotnie nagradzany za działalność naukową przez JM Rektora ZUT.

