



KIERUNKI I MOŻLIWOŚCI MODERNIZACJI CZOŁGÓW SIŁ ZBROJNYCH RP

TRENDS AND POSSIBILITIES FOR UPGRADING BATTLE TANKS OF THE POLISH ARMY

Mariusz MAGIER

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia,
Military Institute of Armament Technology

Streszczenie: W artykule przeanalizowano wybrane parametry bojowe czołgów będących w wyposażeniu Wojska Polskiego typu T-72, PT-91 oraz LEOPARD 2A4 i 2A5 w porównaniu do kilku wybranych konstrukcji światowych. Oceniono także możliwości modernizacji posiadanego sprzętu pancernego w zakresie opancerzenia i zdolności rażenia przeciwnika.

Słowa kluczowe: czołg, ochrona na polu walki, amunicja

1. Wprowadzenie

Od 100 lat czołgi niepodzielnie królują na współczesnym polu walki. Pierwsze czołgi, oznaczone Mark I, zostały użyte bojowo w 1916 roku przez Brytyjczyków w bitwie nad Sommą w roli wsparcia piechoty. Pierwsze zmasowane natarcie czołgów miało miejsce podczas bitwy pod Cambrai [1].

Wielkim przełomem w rozwoju czołgów był okres II Wojny Światowej. Prekursorem zmian w zastosowaniu i konstrukcji ówczesnych czołgów były hitlerowskie Niemcy, które adekwatnie do realizowanych kampanii wojennych opracowywały nowe typy czołgów lub modernizowały istniejące, dostosowując je do wymagań ówczesnego pola walki.

Świetnym przykładem konstrukcji o dużej podatności modernizacyjnej był czołg Pzkw IV, który stanowiąc uzbrojenie armii niemieckiej od września 1939 roku do maja 1945 roku

Abstract: Some combat characteristics of tanks T-72, PT-91, and LEOPARD 2A4 and 2A5 used by the Polish Army are studied in the paper and compared with selected world designs. Moreover the upgrading possibilities of used armour-clad equipment regarding armour systems and enemy attacking capacities are evaluated.

Keywords: battle tank, protection in the battle field, ammunition

1. Introduction

Battle tanks have dominated for 100 years on the battle fields. The first tank named Mark I was used at Somme fights in 1916 by the British Forces to support the infantry. The first use of tanks in mass took place at Cambria battle [1].

The time of WWII was a great step forward in development of battle tanks. The first changes in deployment and designs of tanks were started by Nazi Germany developing new types of tanks or upgrading the existed ones by adapting them to the requirements of then combat field adequately to conducted military campaigns.

Tank Pzkw IV used by the German Army from September 1939 to May 1945 was a good example of a design with great potential for the upgrading and it was

był kilka razy modernizowany m.in. w zakresie uzbrojenia i opancerzenia.

made for a few times for weapon and armour systems.



Fot.1 Mark I – czołg brytyjski z okresu I wojny światowej (Imperial War Museums)

Photo 1. Mark I – British tank from the WWI (Imperial War Museum)



Fot. 2. Czołg Panzerkampfwagen IV Ausf. J (fot. wikipedia.org)

Photo 2. Tank Panzerkampfwagen IV Ausf. J (photo wikipedia.org)

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe dane najpopularniejszych wersji czołgu PzKpfw IV, różniących się przede wszystkim masą czołgu, wynikającą ze zwiększenia masy opancerzenia i przede wszystkim modernizacji armaty, w celu uzyskania zdolności penetracji pancerzy nowych wzorów czołgów rosyjskich na froncie wschodnim [2].

Szczególnie ostatnia wersja PzKpfw IV Ausf. J dzięki szerokiemu zakresowi modernizacji opancerzenia i uzbrojenia (długolufowa armata 75 mm KwK 40 L/48) zdolna była do prowadzenia równorzędnej walki z ówczesnymi czołgami przeciwników zarówno na froncie zachodnim jak i wschodnim.

Table 1 includes basic characteristics of most typical versions of PzKpfw IV tank which differ in general by weights what was caused by increased weight of armour and especially by the upgrading of the gun to increase the capacities for penetrating the armours of new models of the Russian tanks on eastern front [2].

The last version of PzKpfw IV Ausf. J was particularly able to compete with then existing enemy tanks both on eastern and western fronts thanks to largely upgraded armour and weapon systems (long barrel gun 75 mm KwK 40 L/48).

Tabela 1. Podstawowe dane wybranych wersji czołgu PzKpfw IV [2]

Table 1. Basic characteristics for a few versions of PzKpfw IV [2] tank

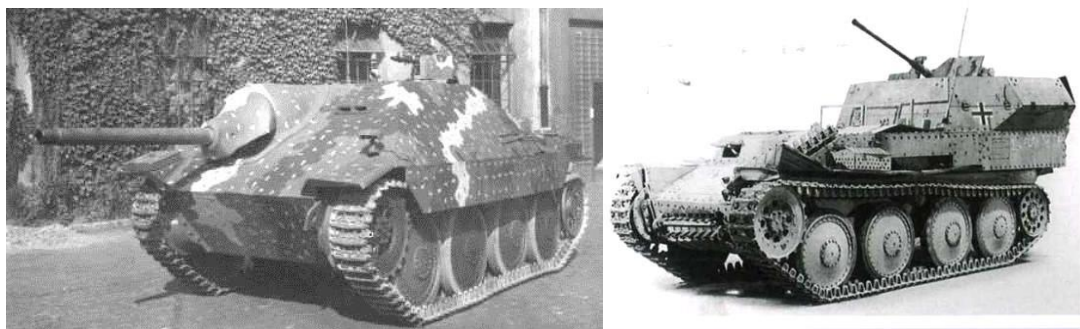
Model	PzKpfw IV Ausf. B	PzKpfw IV Ausf. E	PzKpfw IV Ausf. G	PzKpfw IV Ausf. J
Rok wejścia na uzbrojenie/ <i>Year of deployment</i>	1938	1940	1942	1944
Masa całkowita (kg)/ <i>Total mass</i>	17 700	21 000	23 500	25 000
Długość (mm)/ <i>Length</i>	5 870	5 920	6 630	7 015
Szerokość (mm)/ <i>Width</i>	2 830	2 840	2 880	2 880
Wysokość (mm)/ <i>Height</i>	2 850	2 680	2 680	2 680
Prędkość (km/h)/ <i>Velocity</i>	35	42	40	38
Zasięg na drodze (km)/ <i>Road range</i>	140	200	210	320
Zasięg w terenie (km)/ <i>Terrain range</i>	90	125	130	210
Uzbrojenie/ <i>Weapon systems</i>	75 mm KwK 37 L/24 1x MG34 (7,92 mm)	75 mm KwK 37 L/24 2x MG34 (7,92 mm)	75 mm KwK 40 L/43 2x MG34 (7,92 mm)	75 mm KwK 40 L/48 2x MG34 (7,92 mm)

Niemcy nie rezygnowali także z użytkowania i modernizacji sprzętu zdobycznego, wykorzystując go w różnych konfiguracjach m.in. jako niszczyciele czołgów samobieżne haubice i armaty przeciwlotnicze czy ciągniki artyleryjskie. Przykładem tego typu aplikacji jest czechosłowacki czołg T-38 produkowany do roku 1942, którego podwozie posłużyło do opracowania niszczyciela czołgów *Jagdpanzer 38(t) Hetzer* czy samobieżnego działa przeciwlotniczego *Flakpanzer 38(t)Gepard*.

Z powyższego wynika, że umiejętnie wykorzystany potencjał modernizacyjny czołgu może przyczynić się do znacznego zwiększenia jego wartości bojowej, a więc do skutecznej walki z przeciwnikiem dysponującym nowszym, bardziej zaawansowanym uzbrojeniem.

Germans had not resigned to use and upgrade the captured equipment and decided to use it in different configurations such as destroyers of tanks, self-propelled howitzers, and antiaircraft artillery or gun towing tractors. The Czechoslovakian tank T-38 manufactured since 1942 may be an example of it and its undercarriage was used to develop tank destroyer *Jagdpanzer 38(t) Hetzer* or self-propelled antiaircraft gun *Flakpanzer 38(t)Gepard*.

The above illustrates well that suitably used upgrading potential of a tank may significantly increase its fighting value for effective combat actions against the enemy having more modern and advanced weapons.



Fot. 3. Niszczyciel czołgów Jagdpanzer 38(t) Hetzer (z lewej) oraz samobieżne działo przeciwlotnicze Flakpanzer 38(t)Gepard (z prawej) (fot. wikipedia.org)

Photo 3. Destroyer of tanks Jagdpanzer 38(t) Hetzer (left) and self-propelled anti-aircraft gun Flakpanzer 38(t)Gepard (right) (photo. wikipedia.org)

2. Analiza porównawcza wybranych czołgów będących w wyposażeniu WP

Obiektywna ocena wartości bojowej poszczególnych typów uzbrojenia ma dla sił zbrojnych bardzo istotne znaczenie. Możliwości bojowe wojsk zależą w głównej mierze od ilościowego i jakościowego stanu uzbrojenia i sprzętu. Obserwując tendencje rozwojowe armii innych państw nie trudno dostrzec przejścia z ilości do jakości. Wynika to z przyjętej koncepcji prowadzenia wojny, rozwoju potencjalnego przeciwnika czy możliwości technologicznych.

Do prawidłowej oceny sił własnych i przeciwnika niezbędna jest znajomość, obok danych liczbowych, wartości bojowej sprzętu. Analiza porównawcza przybliży i pozwoli dostrzec zalety i wady sprzętu co ma niebagatelne znaczenie przy zakupie uzbrojenia, a także dla rozwoju poszczególnych rodzajów wojsk.

W niniejszym rozdziale pracy dokonana będzie ocena wybranych typów czołgów będących podstawowym wyposażeniem w dziedzinie sprzętu pancernego wiodących armii. Ocenione również będą czołgi użytkowane w Wojsku Polskim: T-72, PT-91M, Leopard 2A4 i A5.

2.1. Wybór kryteriów i metody oceny sprzętu

Ocena wartości bojowej poszczególnych czołgów oparta jest o odpowiednie wskaźniki. Wskaźniki te odzwierciedlają podstawowe

2. Comparative Analysis of Selected Tanks Being in Service of the Polish Army

An objective analysis of combat values for particular types of weapons is extremely essential for the armed forces. The combat capacities of army depend mainly on quantitative and qualitative status of weapons and equipment. Transition from quantity to quality may be easily observed in developing trends of foreign armies. It is a result of accepted concept for conducting the war, development level of potential enemy and technological capacities.

The combat value of the equipment has to be known apart quantitative data to evaluate properly own and enemy forces. The comparative analysis may clarify and show the pros and cons of the equipment what has crucial meaning at purchase of weapons and for development of particular branches of troops.

In this chapter the evaluation of selected types of tanks being on basic inventory of armour-clad equipment of leading armies is made. Following tanks used by the Polish Army are also evaluated: T-72, PT-91M, Leopard 2A4 and A5.

2.1. Selection of Equipment Evaluation Method and Criteria

The evaluation of combat effectiveness for particular tanks is based on relevant indexes. These indexes reflect the

cechy wozu bojowego - w tym przypadku jest to czołg. Cechy te to: manewrowość, siła ognia, zdolność przetrwania na polu walki (w tym odporność na ogień przeciwnika).

Manewrowość: to jedna z podstawowych cech współczesnego czołgu. Jednym słowem określa ona typową „ruchliwość” wozu w trakcie pokonywania terenu. W znaczny i niepodważalny sposób stanowi o wartości bojowej danej konstrukcji. Możliwość wykonywania szybkich manewrów jest jedną z fundamentalnych właściwości wpływającą na możliwości przetrwania na współczesnym polu walki.

Manewrowość zależy głównie od tzw. współczynnika mocy jednostkowej. Jest to wielkość wyrażająca stosunek mocy maksymalnej silnika (w kW) do masy bojowej czołgu (w tonach):

$$k_{jedn} = \frac{P_{max}}{M_{boj}} \quad (1)$$

gdzie P_{max} - moc silnika

M_{boj} - masa bojowa

k_{jedn} - wsp. mocy jednostkowej

Innym czynnikiem mającym wpływ na manewrowość jest elastyczność silnika czołgowego. Okazuje się, że przy podobnych mocach jednostkowych [k_{jedn}] czołg i mające jako silnik turbinę gazową (np. M1 Abrams) osiągają lepsze przyspieszenia od porównywalnych czołgów wyposażonych w tłokowe silniki wysoko-
prężne.

Siła ognia: podstawowym zadaniem czołgu na polu walki zawsze było, jest i najprawdopodobniej będzie zwalczanie czołgów przeciwnika. Czynnikiem decydującym o skutecznym zwalczaniu wozów bojowych przeciwnika była i jest armata przeciwpancerna wraz z odpowiednią amunicją. Wraz z rozwojem techniki coraz ważniejsze stawały się przyrządy celownicze, stabilizacja dająca możliwość prowadzenia ognia w ruchu, celowniki nocne (obecnie termowizory), systemy kierowania ogniem.

Przez cały czas rozwoju czołgów opracowywano i ulepszano armaty i amunicję przeciwpancerną. Dziś podstawowym typem są

basic characteristics of a combat vehicle – in this case the tank. The characteristics include power of the fire, capacity to survive on the battle field (including resistance against the enemy fire) and manoeuvrability.

Manoeuvrability: it is one of basic characteristics of modern tank. It describes “driving” capacities of a vehicle in terrain. It decides in significant and unquestionable way about combat value of the design. Ability for rapid movements is one of basic features influencing the survival capacities on the contemporary battle field.

The manoeuvrability depends in general on so called unit power coefficient. It is a value expressing the ratio between motor maximum power (in kW) and tank combat weight (in tons):

where P_{max} - motor power

M_{boj} - combat weight

k_{jedn} - unit power coefficient

Another factor influencing the manoeuvrability is a tank motor elasticity. It proves that at similar unit powers [k_{jedn}] the tanks with gas turbine engines (e.g. M1 Abrams) have better accelerations than comparable tanks with piston Diesel engines.

Fire power: the main task of a tank on the battle field was, is and probably will be to fight enemy tanks. The deciding factor in effective engaging with enemy combat vehicles was and is the antitank gun and suitable ammunition. Aiming instruments, stabilisation enabling the firing at movement, night sights (now thermo-vision) and fire control systems became more important with the development of technology.

The guns and antitank ammunition have been developed and improved for all the time when tanks exist. Now the smooth bore guns are typically used with

gładkolufowe armaty z amunicją podkalibrową (typu APDS i APFSDS) lub kumulacyjną (typu HEAT), ewentualnie specjalną (typu HESH). Jako najbardziej bardziej przyszłościowy uważa się podkalibrowy pocisk przeciwpancerny z odrzucanym sabotem stabilizowany brzechwowo (APFSDS).

Na siłę ognia czołgu składają się:

- a) armata (o odpowiedniej sile ognia) wraz z wyspecjalizowaną amunicją przeciwpancerną (o odpowiedniej przebijałości i donośności);
- b) system kierowania ogniem (SKO) z możliwością prowadzenia ognia w dowolnych warunkach widzialności;
- c) układ stabilizacji armaty umożliwiającej prowadzenie ognia w czasie jazdy.

Odporność na ogień przeciwnika: to cecha uwzględniająca zdolność przetrwania czołgu i jego załogi w przypadku trafienia. Tu odgrywa podstawową rolę pancerz. Obecnie stosuje się np. pancerze warstwowe z elementami ceramicznymi w postaci płytek, wzmacnianie m.in. zubożonym uranem. Ważną sprawą przy zdolności przetrwania na polu walki są układy ostrzegające i informujące załogę o wykryciu i namierzaniu czołgu przez np. dalmierz laserowy czy też oświetlaniu wiązką laserową w celu naprowadzenia PPK. W takie układy współczesne czołgi są w większości wyposażone.

Wyżej wymienione cechy określane będą za pomocą odpowiednich wskaźników. Większość tych wskaźników wyrażona jest wzorami, w których występują współczynniki. Obliczone one były w wyniku głębokich analiz z przeprowadzonych konfliktów zbrojnych i wojen.

Część czynników składowych odpowiednich współczynników oparta została na podstawie opracowania [3], zaś część została odpowiednio przez autora zmodyfikowana. Jest też grupa nowych czynników wprowadzona dodatkowo, dzięki czemu problem oceny został szerzej i dokładniej potraktowany.

2.2. Wskaźniki przyjęte do oceny wartości bojowej

Wskaźniki do oceny czołgu, jako całości:

Wskaźnik manewrowości *Man*

kinetic (APDS and APFSDS) or shaped charge (HEAT) or special (HESH) ammunition. Armour piercing fin stabilised discarding sabot (APFSDS) antitank kinetic ammunition is considered to be the most perspective.

Fire power of the tank depends on:

- a) The gun (with relevant fire power) with specialised antitank ammunition (relevant penetration and range);
- b) Fire control system (FCS) enabling the firing at any conditions of visibility;
- c) Gun stabilisation system providing the firing at the movement.

Resistance against enemy fire: it is a feature that regards the survival capacities of the tank and its crew after hitting. The armour plays the main role here. Now for example the laminar armours with ceramic plates, strengthened by depleted uranium are used. The systems for warning and informing the crew against detection and ranging the tank by e.g. a laser range finder or by a laser beam of a guided antitank missile are important issues for survival capacities in the battle field. Currently the tanks are mostly equipped with such systems.

The above listed features will be determined by relevant indexes. Most of these indexes are expressed by formula including some coefficients. They were calculated as a result of deep studies of conducted military conflicts and wars.

A part of factors contributing to relevant coefficients is based on the publication [3] and another part was modified by the author. There is also a group of new factors which were introduced additionally in order to treat the problem wider and in more detailed way.

2.2. Indexes Taken to Evaluate Combat Effectiveness

Indexes evaluating the entire tank:

Index of manoeuvrability *Man*

$$Man = 1 + \frac{k_{jedn}}{100} \cdot X_{el} \quad (2)$$

gdzie :

- k_{jedn} - wsp. mocy jedn. czołgu (kW/ t)
- X_{el} - wsp. elastyczności silnika; 1 dla silników tłokowych, 1.2 dla silników turbinowych,

Wskaźnik odporności na zniszczenie **Onz**

where:

- k_{jedn} - tank unit power coefficient (kW/t)
- X_{el} - engine elasticity coefficient; 1 for piston engines, 1.2 for turbine engines,

Index of resistance against destruction **Onz**

$$Onz = \left[\left(1 + \sum_{i=1}^5 k_i \right) \cdot \frac{M}{159 \cdot (a \cdot b + b \cdot c + a \cdot c)} \right] \quad (3)$$

gdzie :

M - masa czołgu (t)
 a, b, c - dł., szer., wys. czołgu (m)
 k_1 - pancerz stalowy klasyczny (0,1) lub k_2 - pancerz warstwowy wzmocniony (0,4)
 k_3 - pancerz reaktywny (0,1)
 k_4 - duże pochylenie pancerza (0,1)
 k_5 - wykrywacze prom. laser. (0,2)

Wskaźnik wzrostu natężenia ognia **RFn**

where:

M - weight of the tank (t)
 a, b, c - length, width, height of tank (m)
 k_1 - conventional steel armour (0.1)
or k_2 - laminar strengthened armour (0.4)
 k_3 - reactive armour (0.1)
 k_4 - significant inclination of armour (0.1)
 k_5 - laser radiation detector (0.2)

Index for rate of fire increment **RFn**

$$RFn = \frac{f}{100} \quad (4)$$

gdzie :

f - szybkostrzelność armaty (strz/ min)

Wskaźnik Systemów Kierowania Ogniem **SKO**

where:

f - gun rate of fire (shots/ min)

Index of fire control system **SKO**

$$SKO = 1 + \sum_{i=1}^9 k_{si} \quad (5)$$

gdzie :

k_{s1} - celownik opt. (0,05)
 k_{s2} - dalmierz laser. (0,2)
 k_{s3} - noktowizor aktywny (0,2), pasywny (0,25)
 k_{s4} - termowizor (0,35)
 k_{s5} - integracja systemu (0,5)
 k_{s6} - przelicznik analogowy (0,05) lub k_{s7} - przelicznik cyfrowy (0,2)
 k_{s8} - stabilizacja w jednej płaszc. (0,1) lub k_{s9} - stabilizacja w dwóch płaszc. (0,2)

WSKAŹNIKI DLA ARMATY

Wskaźnik szybkostrzelności **RFa**

where:

k_{s1} - optical sight (0.05)
 k_{s2} - laser range finder (0.2)
 k_{s3} - active night vision (0.2), passive (0.25)
 k_{s4} - thermo vision (0.35)
 k_{s5} - integration of the system (0.5)
 k_{s6} - analogue calculator (0.05)
or k_{s7} - digital calculator (0.2)
 k_{s8} - stabilisation in one plane (0.1)
or k_{s9} - stabilisation in two planes (0.2)

INDEXES FOR THE GUN

Index for rate of fire **RFa**

Zdefiniowany w poniższej tabeli:

Defined below in the table:

kaliber / <i>Calibre</i> (mm)	<i>Rfa</i>
90	124
100	120
105	113
115	100
120	95
125	88
135	79
140	75

Rfa określa praktyczną możliwość wystrzelenia liczbę pocisków w ciągu godziny. Gdy wartość ta przekracza liczbę przewożonej amunicji wtedy *Rfa* = tej liczby.

Rfa defines real number of projectiles which could be fired within an hour. When this value exceeds an amount of transported ammunition then *Rfa* = this amount.

Wskaźnik możliwości obezwładnienia celów punktowych ***CPkt***

Index for destruction of point targets ***CPkt***

Zdefiniowany w poniższej tabeli:

It is defined below in the table:

kaliber / <i>Calibre</i> (mm)	<i>CPkt</i>
90	867
100	1125
105	1270
115	1585
120	1770
125	1950
135	2360
140	2565

Wskaźnik mocy pocisku ***GEp***

Index of projectile power ***GEp***

$$GEp = (1 + 0.14 \sqrt{m_p} \cdot \frac{v_{op}}{d_p}) \cdot x_p \quad (6)$$

gdzie :

m_p - masa penetratora pocisku podkalibrowego (kg),

v_0 - prędkość początkowa pocisku (m/s),

d_p - średnica penetratora (m),

x_p - wsp. spadku prędkości pocisku:

1- dla konstrukcji starszych,

1,2 - dla konstrukcji opartych o nowe technologie

Wskaźnik celności armaty ***Cea***

where :

m_p - mass of kinetic projectile penetrator (kg),

v_0 - projectile muzzle velocity (m/s),

d_p - diameter of penetrator (m),

x_p - coefficient of projectile velocity decrease: 1- for older designs,

1.2 – for designs based on new technologies

Index of gun accuracy ***Cea***

$$Cea = \sum_{i=1}^7 c_i \cdot \sum_{i=1}^3 s_i \quad (7)$$

gdzie:

c_1 - prosty układ celowniczy (0,05)
 c_2 - celownik optyczny (0,25)
 c_3 - dalmierz laserowy (0,2)
 c_4 - przelicznik analogowy (0,05) lub c_5 - przelicznik cyfrowy (0,2)
 c_6 - celownik nocny: noktowizor aktywny (0,2) lub noktowizor pasywny (0,25),
 c_7 - termowizor (0,3)
 s_1 - stabilizacja w jednej płaszc. (1,0) lub s_2 - stabilizacja w dwóch płaszc. (0,2) lub
 s_3 - stabilizacja w dwóch płaszczyznach „w punkt” (0,25)

Wartość bojowa armaty Wa

$$Wa = \frac{RFa \cdot CPkt \cdot GEp \cdot Cea}{D_i} \quad (8)$$

gdzie: D_i - współczynnik rozproszenia celów na polu walki, (w czasie I W.Ś. 250, w czasie II W.Ś. 3000, współcześnie 4000).

Podstawowe dane taktyczno-techniczne analizowanych konstrukcji czołgów zestawiono w tabeli 2.

Z zależności 8 wykorzystując dane taktyczno-techniczne poszczególnych wzorów czołgów zostały wyliczone wartości wskaźnika (W_a). Wyniki zestawiono w tabeli 3.

2.4. Analiza porównawcza wartości bojowej czołgu

Wskaźniki wartości bojowej czołgów W_{cz} zostały wyliczone z zależności 9 i danych taktyczno-technicznych z tabeli 2.

where:

c_1 – simple aiming system (0.05)
 c_2 – optical sight (0.25)
 c_3 – laser range finder (0.2)
 c_4 – analogue calculator (0.05) or c_5 – digital calculator (0.2)
 c_6 – night sight: active noctovision (0.2) or passive noctovision (0.25),
 c_7 – thermo-vision (0.3)
 s_1 – stabilisation in one plane (1.0) or
 s_2 – stabilisation in two planes (0.2) or
 s_3 – stabilisation in two planes “in the point” (0.25)

Combat value of the gun Wa

where: D_i – coefficient for scattering of targets on the combat field, (during the WWI 250, during the WWII 3000, now 4000).

Basic tactical-technical data of studied designs of tanks are specified in table 2.

Values of (W_a) index were calculated by using tactical-technical data of particular models of tanks and formulae 8.

The results are presented in table 3.

2.4. Comparative Analysis of Tank Combat Effectiveness

Indexes of tank combat effectiveness W_{cz} were calculated from dependence 9 and tactical-technical data included in table 2.

Tabela 2. Podstawowe dane taktyczno-techniczne analizowanych konstrukcji czołgów

Czołg	Masa (t)	Wymiary (dl.×szer.×wys) (m)	moc jednostkowa (kw/ t)	Uzbrojenie	Amunicja ppanc	SKO	Pancerz
M1A1	57.1	7,9×3,6×2,4	19,24	armata M256 kalibru 120 mm, szybkostrzelność 9 strz./ min., zapas amunicji - 40 szt.,	M829A1: $v_0 = 1575$ m/s, $m_p = 4,6$ kg, $d_p = 26$ mm	dalmierz las., przelicznik cyfr., termowizor, wykr. prom. las	warstwowy wzmocniony
L2A4	52	7,72×3,7×2,48	20	armata Rheinmetall kalibru 120 mm, szybkostrzelność 9 strz./ min., zapas amunicji - 42 szt.	DM-33: $v_0 = 1650$ m/s, $m_p = 4,6$ kg, $d_p = 28$ mm	dalmierz las., przelicznik cyfr., termowizor, wykr. prom. las	warstwowy wzmocniony
L2A5	55	7,72×3,7×2,48	18,4	armata Rheinmetall kalibru 120 mm, szybkostrzelność 9 strz./ min., zapas amunicji - 42 szt.	DM-33: $v_0 = 1650$ m/s, $m_p = 4,6$ kg, $d_p = 28$ mm	dalmierz las., przelicznik anal., termowizor, wykr. prom. las	warstwowy wzmocniony
T-64B	42	7,4×3,38×2,2	13,1	armata 2A46 kalibru 125 mm, szybkostrzelność 8 strz./ min., zapas amunicji - 40 szt.	BM-15 $v_0 = 1785$ m/s, $m_p = 3,9$ kg, $d_p = 44$ mm	dalmierz las., przelicznik anal., noktowizor aktywny, wykr. prom. las	klasyczny, stalowy
T-72M	42,8	6,95×3,6×2,37	13,9	armata 2A46 kalibru 125 mm, szybkostrzelność 8 strz./ min., zapas amunicji - 39 szt.,	BM-15 $v_0 = 1785$ m/s, $m_p = 3,9$ kg, $d_p = 44$ mm	dalmierz las., przelicznik anal. noktowizor pasywny, wykr. prom. las	klasyczny, stalowy
T-80U	43	7,5×3,4×2,2	20,7	- armata 2A46 kalibru 125 mm, szybkostrzelność 8 strz./ min., zapas amunicji - 42 szt.	BM-42 $v_0 = 1700$ m/s, $m_p = 4,85$ kg, $d_p = 33$ mm	dalmierz las., przelicznik anal., noktowizor pasywny, termowizor, wykr. prom. las	warstwowy wzmocniony + reaktywny
Chall-2	62,5	8,30×3,42×2,49	14,0	armata L11A5 kalibru 120 mm, szybkostrzelność 8 strz./ min., zapas amunicji - 52 szt	L27: $v_0 = 1535$ m/s, $m_p = 4,5$ kg, $d_p = 27$ mm	dalmierz las., przelicznik cyfr., termowizor, wykr. prom. las	warstwowy wzmocniony
PT-91M	45,9	6,95×3,6×2,37	13,8	armata 2A46 kalibru 125 mm, szybkostrzelność 8 strz./ min., zapas amunicji - 39 szt	BM-15 $v_0 = 1785$ m/s, $m_p = 3,9$ kg, $d_p = 44$ mm	noktowizor pasywny, dalmierz las., przelicznik cyfrowy, termowizor, wykr. prom. las	klasyczny, stalowy, + reaktywny
PT-91M*	45,9	6,95×3,6×2,37	13,8	armata 2A46 kalibru 125 mm, szybkostrzelność 8 strz./ min., zapas amunicji - 39 szt	APFSDS WITU $v_0 = 1650$ m/s, $m_p = 3,65$ kg, $d_p = 24$ mm	noktowizor pasywny, dalmierz las., przelicznik cyfrowy, termowizor, wykr. prom. las	klasyczny, stalowy, + reaktywny

*) Z nową amunicją podkalibrową produkcji polskiej

Table 2. Basic tactical-technical data of studied designs of tanks

Tank	Mass (t)	Dimensions (length×width×height) (m)	Unit power (kw/t)	Weapons	Antitank ammunition	FCS	Armour
M1A1	57.1	7.9×3.6×2.4	19.24	Gun M256 calibre 120 mm, rate of fire 9 shots/ min, stored ammunition - 40 rounds	M829A1: $v_0=1575$ m/s, $m_p=4.6$ kg, $d_p.=26$ mm	Laser range finder, digital calculator, thermo-vision, detection of laser rad.	Laminar strengthened
L2A4	52	7.72×3.7×2.48	20	Gun Rheinmetall calibre 120 mm, rate of fire 9 shots/ min, stored ammunition - 42 rounds	DM-33: $v_0=1650$ m/s, $m_p=4.6$ kg, $d_p.=28$ mm	Laser range finder, digital calculator, thermo-vision, detection of laser radiation	Laminar strengthened
L2A5	55	7.72×3.7×2.48	18,4	Gun Rheinmetall calibre 120 mm, rate of fire 9 shots/ min, stored ammunition - 42 rounds	DM-33: $v_0=1650$ m/s, $m_p=4.6$ kg, $d_p.=28$ mm	Laser range finder, analogue calculator, thermo-vision, detection of laser radiation	Laminar strengthened
T-64B	42	7.4×3.38×2.2	13.1	Gun 2A46 calibre 125 mm, rate of fire 8 shots/ min, stored ammunition - 40 rounds	BM-15 $v_0=1785$ m/s, $m_p=3.9$ kg, $d_p.=44$ mm	Laser range finder, analogue calculator, active nocto-vision, detection of laser rad.	Classical, steel
T-72M	42,8	6.95×3.6×2.37	13.9	Gun 2A46 calibre 125 mm, rate of fire 8 shots/ min, stored ammunition - 39 rounds	BM-15 $v_0=1785$ m/s, $m_p=3.9$ kg, $d_p.=44$ mm	Laser range finder, analogue calculator, passive nocto-vision, detection of laser rad.	Classical, steel
T-80U	43	7.5×3.4×2.2	20.7	Gun 2A46 calibre 125 mm, rate of fire 8 shots/ min, stored ammunition - 42 rounds	BM-42 $v_0=1700$ m/s, $m_p=4.85$ kg, $d_p.=33$ mm	Laser range finder, analogue calculator, passive nocto-vision, thermo-vision, detection of laser radiation	Laminar strengthened + reactive
Chall-2	62,5	8.30×3.42×2.49	14.0	Gun L11A5 calibre 120 mm, rate of fire 8 shots/ min, stored ammunition - 52 rounds	L27: $v_0=1535$ m/s, $m_p=4.5$ kg, $d_p.=27$ mm	Laser range finder, digital calculator, thermo-vision, detection of laser radiation	Laminar strengthened
PT-91M	45,9	6.95×3.6×2.37	13.8	Gun 2A46 calibre 125 mm, rate of fire 8 shots/ min, stored ammunition - 39 rounds	BM-15 $v_0=1785$ m/s, $m_p=3.9$ kg, $d_p.=44$ mm	Passive noctovision, laser range finder, digital calc., thermo-vision, det. of laser radiation	classical, steel, + reactive
PT-91M*	45,9	6.95×3.6×2.37	13.8	Gun 2A46 calibre 125 mm, rate of fire 8 shots/ min, stored ammunition - 39 rounds	APFSDS WITU $v_0=1650$ m/s, $m_p=3.65$ kg, $d_p.=24$ mm	Passive noctovision, laser range finder, digital calc., thermo-vision, det. of laser radiation	classical, steel, + reactive

*) With new kinetic ammunition manufactured in Poland

Tabela 3 Zestawienie wartości bojowej armaty W_a .

Table 3. Comparison of gun combat effectiveness W_a

Czołg / Tank	R_{fa}	C_{pkt}	m_{pa}	v_o	d_{pa}	x_{pa}	GEp	C_{ea}	W_a
M1A1	95	1770	4,6	1575	26	1,2	23,03	0,3	290,40
L2A4	95	1770	4,6	1650	28	1,2	22,43	0,26	245,19
L2A5	95	1770	4,6	1650	28	1,2	22,43	0,3	282,91
T-64B	88	1950	3,9	1785	44	1	12,22	0,14	73,37
T-72M	88	1950	3,9	1785	44	1	12,22	0,15	78,61
T-80U	88	1950	4,85	1700	33	1,2	20,26	0,21	182,52
Chall-2	95	1770	4,5	1535	27	1,2	21,46	0,3	270,65
PT-91M	88	1950	3,9	1785	44	1	12,22	0,24	125,78
PT-91M*	88	1950	3,65	1650	24	1,2	23,27	0,24	239,55

*) Z nową amunicją podkalibrową produkcji polskiej / With new kinetic ammunition manufactured in Poland

Wyniki zestawiono w tabeli 4 i zilustrowano na rys 4.

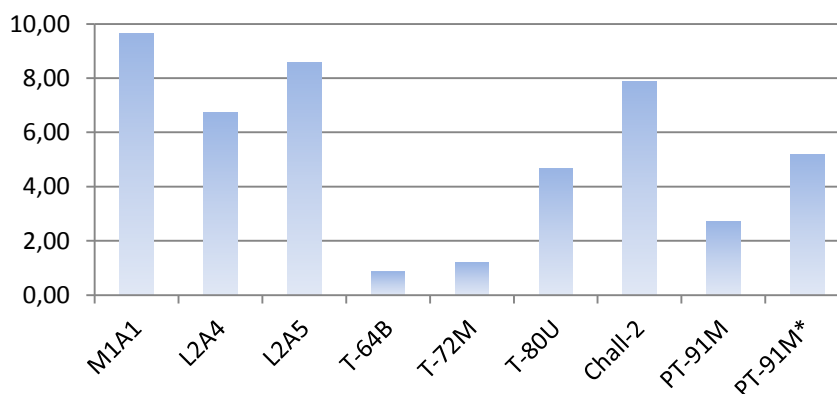
Results are compared in table 4 and illustrated in figure 4.

$$W_{cz} = (Man \cdot Onz \cdot RFn \cdot SKO \cdot Wa) \quad (9)$$

Tabela 4 Zestawienie wartości bojowej czołgu W_{cz} . / Table 4. Comparison of tank combat effectiveness W_{cz}

Czołg / Tank	MAN	ONZ	RFn	SKO	W_a	W_{cz}
M-1A1	1,23	0,11	0,09	2,75	290,40	9,64
L2A4	1,20	0,10	0,09	2,6	245,19	6,73
Leo-2A5	1,20	0,10	0,09	2,75	282,91	8,57
T-64B	1,13	0,08	0,08	1,7	73,37	0,86
T-72M	1,14	0,08	0,08	2,25	78,61	1,21
T-80U	1,25	0,09	0,08	2,75	182,52	4,66
Chall-2	1,14	0,12	0,08	2,75	270,65	7,88
PT-91M	1,14	0,09	0,08	2,75	125,78	2,73
PT-91M*	1,14	0,09	0,08	2,75	239,55	5,19

*) Z nową amunicją podkalibrową produkcji polskiej / With new kinetic ammunition manufactured in Poland



Rys. 4. Graficzne zobrazowanie obliczonych wskaźników wartości bojowej analizowanych czołgów

Fig. 4. Visualisation of calculated results of combat effectiveness for studied tanks

Z powyższego zestawienia w sposób oczywisty wynika, że w użytkowanych przez Wojsko Polskie czołgach drzemie potencjał modernizacyjny, którego umiejętne wykorzystanie pozwoli na dokonanie niezbędnych modyfikacji prowadzących do znacznego zwiększenia ich wartości bojowej.

Niewątpliwie najnowocześniejszym czołgiem użytkowanym w WP jest Leopard 2A5 plasujący się w zestawieniu na drugiej pozycji.

W przypadku czołgów Leopard 2A4 proces ich modernizacji do standardu „*min.2A5*” został już zainicjowany programem realizowanym przez IU MON.

According to above comparison it is obvious that the tanks possessed by the Polish Army have an upgrading potential which appropriately used may allow carrying out necessary modifications increasing significantly their combat effectiveness.

Leopard 2A5 takes the second position in the comparison and is undoubtedly the most modern tank used by the Polish Army.

In the case of Leopard 2A4 tanks a process of their upgrading to the standard of „*min.2A5*” has been already started under the program conducted by the Inspectorate of Armament of the MoD.



Fot. 5. Koncepcja modernizacji czołgu Leopard 2A4 do standard 2PL prezentowana podczas MSPO 2016 (fot. R.Suradzki/Defence24.pl)

Photo 5. A concept for upgrading Leopard 2A4 tank to the standard of 2PL presented at 2016 International Defence Saloon (fot. R.Suradzki/Defence24.pl)

Dodatkowe wyposażenie tych czołgów w nową amunicję podkalibrową produkcji krajowej, obecnie dostarczaną do wojska, wpłynie pozytywnie na dalsze podniesienie ich wartości bojowej.

Niestety trzon naszych sił pancernych (około 70%) stanowią czołgi PT-91M i T-72, z których te pierwsze dysponują w miarę nowoczesnym systemem kierowania ogniem, celownikiem termowizyjnym i zewnętrznym opancerzeniem reaktywnym.

W przedmiotowym zestawieniu czołg T-72 plasuje się na końcu stawki, zaś PT-91M w jej środku.

Jednakże wyposażenie czołu PT-91M w nowoczesną amunicję, *nota bene* opracowaną już w 2004 roku w WITU, wpływa w

Equipping these tanks additionally with new kinetic ammunition of national origin that is now supplied to the army will influence positively the further increase of their combat effectiveness.

Unfortunately the gross of our armour-clad forces (ca. 70%) consists of PT-91M and T-72 tanks and the first ones are equipped with a relatively advanced fire control system, thermo-vision sight and external reactive armour.

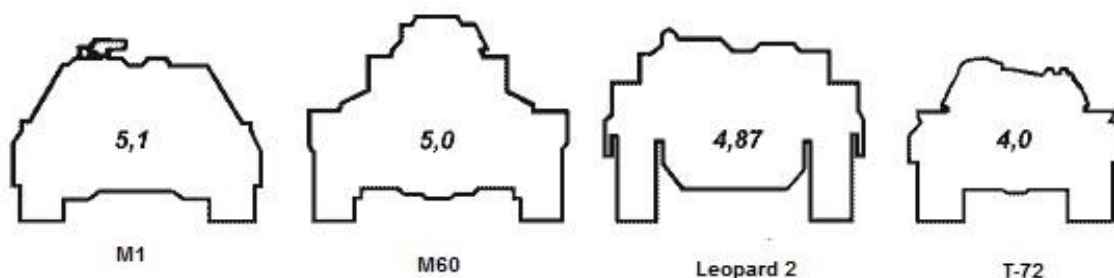
In presented comparison T-72 tank is at the end of the list and PT-91M is in the middle of it.

Nevertheless equipping PT-91M tank with modern ammunition that was developed by WITU already in 2004 affects the

zestawieniu na wskaźnik wartości bojowej zwiększając go dwukrotnie.

Modernizując czołgi T-72 do standardu PT-91M i wyposażając je w nową amunicję podkalibrową produkcji krajowej [4, 5] można uzyskać wozy bojowe zdolne podjąć równorzędną rywalizację z czołgami klasy T-80U.

Ponadto ważnym czynnikiem z punktu widzenia prowadzenia działań obronnych jest pole powierzchni sylwetki czołowej czołgu, wpływające bezpośrednio na prawdopodobieństwo trafienia go pierwszym strzałem. Na rys. 6 zamieszczono zestawienie kilku wybranych sylwetek czołgów. Wynika z niego jednoznacznie, że czołgi klasy T-72 (PT-91) posiadają pole powierzchni czołowej o około 20% mniejsze od innych (ujętych na rys. 6) czołgów.



Rys. 5. Pola powierzchni sylwetek (m²) wybranych czołgów w rzucie czołowym

Fig. 5. Cross-sections of some silhouettes (m²) of tanks visible from the front

3. Wnioski

1. Z taktyczno-operacyjnego punktu widzenia według opinii ekspertów niezbędnym jest utrzymanie potencjału pancernego SZRP na poziomie min. 1000 czołgów.
2. Celem realizacji powyższego założenia niezbędna jest modernizacja w zakresie opancerzenia i SKO oraz wyposażenie w nową amunicję przeciwpancerną podkalibrową także czołgów T-72 i PT-91, do czasu opracowania i wdrożenia do produkcji nowego wozu wsparcia bezpośredniego.
3. Biorąc pod uwagę dotychczas zrealizowane w kraju programy modernizacyjne w zakresie sprzętu pancernego (PT-91, *Anders*) i amunicji (120 mm i 125 mm rodzina amunicji czołgowej), Polska posiada potencjał naukowo-przemysłowy do reali-

zestawieniu na wskaźnik wartości bojowej zwiększając go dwukrotnie.

By upgrading T-72 tanks to PT-91M standard and equipping them with new kinetic ammunition manufactured in Poland [4, 5] it is possible to get combat vehicles able to compete equally with tanks of T-80U category.

Moreover the cross-section of frontal tank silhouette is a significant factor from the point of defensive operations as it directly affects the probability of its hitting by the first shot. Some selected silhouettes of tanks are presented in figure 6. It is clearly visible that tanks of T-72 (PT-91) category have the frontal cross-section ca. 20% smaller than other tanks (presented in Fig. 6).

3. Conclusions

1. From tactical-operational point of view and according to opinion of experts the Polish Armed Forces have to maintain the potential of armoured forces on minimal level of 1000 tanks.
2. An upgrading of armour and FCS systems and equipping T-72 and PT-91 tanks with new antitank kinetic ammunition is needed to fulfil the above assumption until a new vehicle of direct support is developed and implemented.
3. Taking into account the upgrading programs which have been performed in Poland for the armour-clad equipment (PT-91, *Anders*) and ammunition (family of 120 mm and 125 mm tank ammunition) the country has scientific-

zacji proponowanego programu modernizacyjnego.

industrial potential for execution of proposed program of upgrading.

Literatura / Literature

- [1] Gilbert M., „*Pierwsza Wojna Światowa*”, Warszawa, 1968,
- [2] pl.wikipedia.org/wiki/Panzerkampfwagen_IV
- [3] „Uniwersalna Metodyka Oceny Wartości Bojowej Uzbrojenia Oraz Potencjału Bojowego Związków Taktycznych i Operacyjnych Sił Zbrojnych” Szt.Gen. 1407/92.
- [4] Magier M., *Nowa amunicja podkalibrowa dla polskich czołgów*, (2004), Nowa Technika Wojskowa Nr 11/2004,
- [5] Pankowski Z., Magier M., *Prace badawczo-konstrukcyjne Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia. Tendencje rozwojowe amunicji do armat czołgowych*, (2005), RAPORT nr 6/2005.