



**SYSTEMY KIEROWANIA OGNIEM WOZÓW BOJOWYCH.
WYMAGANIA, BUDOWA, BADANIA**
***REQUIREMENTS, TESTING AND STRUCTURE OF COMBAT VEHICLES
FIRE CONTROL SYSTEMS***

Grzegorz KOZŁOWSKI

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszyński St., 05-220 Zielonka, Poland
Author's e-mail address: kozlowskig@witu.mil.pl

DOI 10.5604/01.3001.0013.1674

Streszczenie: W artykule omówiono systemy kierowania ogniem wozów bojowych i czołgów. Zaprezentowano przykładowe rozwiązania konstrukcyjne oraz określono ich ogólną strukturę. Na podstawie przeprowadzonej analizy funkcjonalnej określono istotne charakterystyki techniczne zasadniczych bloków funkcjonalnych oraz zaprezentowano główne trendy rozwojowe. Szczególną uwagę zwrócono na metody oceny podstawowych parametrów systemów uzbrojenia wozów bojowych i czołgów stosowanych w Siłach Zbrojnych RP oraz odniesiono je do metod stosowanych w armii amerykańskiej.

Słowa kluczowe: uzbrojenie wozów bojowych, systemy kierowania ogniem, metody badań

1. Wstęp

Wóz bojowy (czołg) jest złożonym systemem technicznym przeznaczonym do wykonywania zdefiniowanego w fazie projektowania zbioru operacji, wynikających ze stawianych mu zadań. Jednym z głównych wymagań, stanowiącym o walorach bojowych, jest siła ognia. Określa ona możliwości w zakresie niszczenia i obezwładniania celów w jak najkrótszym czasie i przy jak najmniejszym zużyciu amunicji. Na osiągnięcie w tym zakresie zasadniczy wpływ ma System Kierowania Ogniem (SKO) – definiowany jako grupa powiązanego ze sobą sprzętu służącego do kierowa-

Abstract: The paper presents fire control systems for combat vehicles and tanks. Some exemplary designs are described with their general structure. A functional analysis was performed to identify essential technical characteristics for main operating units and development trends. A particular stress was put on the methods evaluating the basic parameters of weapon systems for combat vehicles and tanks used by the Polish Armed Forces, and on comparing them to methods used by the US Army.

Keywords: weapon systems of combat vehicles, fire control systems, testing methods

1. Introduction

A combat vehicle (tank) is a complex technical system dedicated for execution of various operations specified at the phase of designing and defined by its assignments. The firepower is one of main requirements deciding about the combat capacities. It defines the performance for fighting and incapacitating the targets at possibly short times and at lowest use of ammunition. A Fire Control System (FCS) affects essentially the performance and may be defined as a set of combined units used to control the fire when working to-

nia ogniem, przeznaczona do użycia łącznie z danym uzbrojeniem lub grupą uzbrojenia¹.

2. Systemy kierowania ogniem

2.1. Przeznaczenie SKO

System Kierowania Ogniem wozu bojowego przeznaczony jest do wypracowania danych ogniowych w celu zwiększenia skuteczności prowadzonego ognia (prawdopodobieństwa trafienia) z uzbrojenia pokładowego (armaty i sprzężonego z nią karabinu maszynowego) w dzień i w nocy, z postoju i w ruchu wozu bojowego, do celów ruchomych i nieruchomych. Ma za zadanie również skrócić czas do oddania pierwszego oraz następnych strzałów.

SKO umożliwia:

- obserwację pola walki z powiększeniem obrazu,
- pomiar odległości do celu,
- obliczanie i wprowadzanie (automatyczne lub ręczne) poprawek balistycznych,
- naprowadzanie linii celowania armaty i sprzężonego z nią karabinu maszynowego na cel,
- diagnozowanie pracy systemu.

Automatyczne lub ręczne wprowadzanie danych do strzelania (odległości celu, warunków meteorologicznych, rodzaju amunicji) umożliwia obliczenie dokładnych danych ogniowych. Aktualnie praktycznie wszystkie nowe systemy kierowania ogniem posiadają niezależną linię celowania, która jest odniesieniem dla stabilizatora uzbrojenia. Stanowi to o integralności obu systemów w aspekcie rozpastrywania prawdopodobieństwa trafienia w cel.

2.2. Struktura SKO

Ogólną strukturę SKO przedstawiono na rys. 1. Jednym z podstawowych składników SKO są przyrządy obserwacyjno-celownicze. Zmienne powiększenia, duża dokładność stabilizacji linii celowania oraz zastosowanie to-

gether with a particular weapon system or a family of weapon systems².

2. Fire Control Systems

2.1. Designation of FCS

Combat vehicle Fire Control System provides firing data to increase the efficiency of the fire (probability of hitting) carried out by the onboard weapon systems (a gun and coupled machinegun) at day and night, and from standing or moving positions of the vehicle, and against the moving and stationary targets. Moreover it has to shorten the time for delivering the first shot and the next shots.

FCS provides:

- Observation of battle field with enlarged images,
- Measurement of range to a target,
- Calculation and entering (automatic or manual) of ballistic corrections,
- Training the sighting line of the gun and coupled machinegun into the target,
- Diagnosis of system operation.

Automatic or manual entering of firing settings (range to the target, meteorological conditions, type of ammunition) enables the accurate calculation of firing data. Currently almost each new fire control system has an independent sighting line which is a reference for the weapon stabiliser. It makes up the integrity of two systems in the aspect of probability for hitting the target.

2.2. Structure of FCS

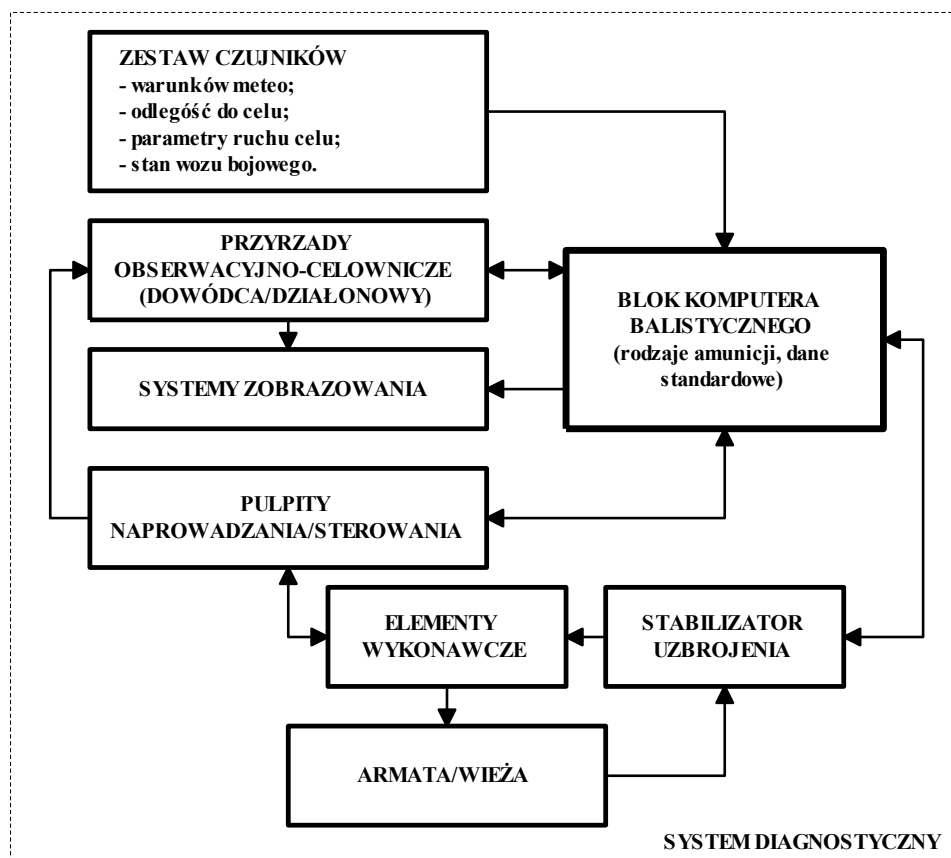
General structure of FCS is shown in Fig. 1. Instruments for aiming and observation belong to a key components of FCS. Changeable magnification and high accuracy of sighting line stabilisation and appli-

¹ Fire-control system - definicja wg Słownika Terminów i Definicji NATO AAP-6 (wprowadzonego Decyzją Sekretarza Stanu nr 54 z dnia 19.11.2001 r.)

² Fire-control system - definition according to NATO AAP-6 Glossary of Terms and Definitions (implemented by Decision of State Secretary nr 54 from 19 November, 2001)

rów nocnych opartych o wzmacniacze światła albo wieloelementowe matryce detektorów termowizyjnych, zapewniają efektywne wykrywanie celów, precyzyjny proces celowania w warunkach dziennych oraz nocnych.

cation of night channels based on light amplifiers or on multicomponent matrixes of thermal detectors provide efficient detection of targets and precise process of aiming at day and night conditions.



Rys. 1. Ogólna struktura systemu kierowania ogniem (SKO)
Fig. 1. General structure of fire control system (FCS)

ZESTAW CZUJNIKÓW – SET OF SENSORS

Warunków meteo – *Meteorology conditions*

Odległość do celu – *Distant to a target*

Parametry ruchu celu – *Parameters of target movement*

Stan wozu bojowego – *Status of combat vehicle*

Przyrządy obserwacyjno-celownicze (dowódca/działonowy) – *Observation-sighting instruments (commander/gunner)*

Systemy zobrazowania – *Display systems*

Pulpity naprowadzania/sterowania – *Control panels*

Blok komputera balistycznego (rodzaje amunicji, dane standardowe) – *Ballistic computer unit (types of ammunition, standard data)*

Element wykonawcze – *Servomechanisms*

Stabilizator uzbrojenia – *Weapon stabiliser*

Armata/wieża – *Gun/turret*

System diagnostyczny – *Diagnostic system*

Praktycznie wszystkie nowoczesne systemy posiadają niezależną stabilizację linii

In practice each modern system has an independent stabilisation of sighting line

celowania w jednej lub dwu płaszczyznach³. Drugim istotnym elementem jest przelicznik balistyczny (komputer SKO), który w oparciu o dane z zestawu czujników wyznacza odpowiednie kąty armaty w elewacji i w azymucie względem zadanej linii celowania, zapewniając prawidłowe nastawy armaty i wieży, a w efekcie skuteczne trafienie celu. Nastawy te przekazywane są do elementów wykonawczych stabilizatora armaty albo do celownika. Dane wejściowe komputer otrzymuje z pięciu źródeł: pulpitu dowódcy, pulpitu celowniczego, dalmierza, czujników meteo oraz wyznaczników stanu wozu bojowego.

W obliczaniu nastaw ogniowych przelicznik zasadniczo uwzględnia :

- odległość do celu;
- kąt położenia celu;
- prędkość własną wozu bojowego;
- kierunek i prędkość ruchu celu;
- zmianę odległości do celu od momentu pomiaru odległości do momentu otwarcia ognia;
- składową poprzeczną prędkości wiatru;
- temperaturę i ciśnienie powietrza;
- temperaturę ładunku miotającego;
- kąt przechylenia czopów armaty;
- zmianę prędkości początkowej pocisku z powodu zużycia komory naboju i przewodu lufy;
- rodzaj amunicji oraz jej dane z tabel strzelniczych;
- kąt podrzutu armaty dla danego pocisku;
- katowe różnice między linią celowania i osią balistyczną (lub geometryczną) armaty.

Do wyznaczania odległości do celu najczęściej wykorzystywane są dalmierze laserowe na ciele stałym – szkle domieszkowanym neodymem lub kryształ YAG z domieszką neodymu. Emitują one promieniowanie w zakresie bliskiej podczerwieni ($\lambda=1,06 \mu\text{m}$) albo coraz częściej bezpieczne dla oka dalmierze Nd:YAG emitujące wiązkę laserową o długości $1,54 \mu\text{m}$.

Dane z dalmierza wyświetlane są w polu

for one or two planes⁴. Ballistic calculator (FCS computer) is the second essential component, used to establish relevant angles of the barrel in elevation and azimuth against the given line of sighting on the basis of data received from a set of sensors, securing suitable settings for the gun and turret, and in effect the target hitting. These settings are transferred to the gun stabiliser servomechanisms or to the gun-sight. The computer receives input data from five sources: commander's panel, gunner's panel, range finder, meteorology sensors, and combat vehicle status indicators.

In general, following factors are considered at calculation of fire settings:

- Distance to target
- Target bearing
- Combat vehicle velocity
- Direction and velocity of target movement
- Change of target range between the first measurement and firing a shot
- Lateral component of wind velocity
- Air temperature and pressure
- Projecting charge temperature
- Tilting angle of gun pivots
- Change of projectile muzzle velocity due to cartridge chamber and barrel bore wearing
- Type of ammunition and its data taken from firing tables
- Gun jumping angle for a specific projectile
- Angular differences between the sighting line and ballistic (or geometrical) axis of gun.

The range to the target is usually measured by laser solid body range finders – glass with admixture of neodymium or YAG crystal with admixture of neodymium. They usually radiate on near-infrared range ($\lambda=1,06 \mu\text{m}$) or on eye-safe laser range $1,54 \mu\text{m}$ for Nd:YAG range finders.

Range finder data is displayed within

³ KTO Rosomak – zależna linia celowania w obu płaszczyznach, PT91M – niezależna linia celowania w płaszczyźnie pionowej, zależna w płaszczyźnie poziomej.

⁴ KTO Rosomak – dependent line of sighting in two planes, PT91M – independent sighting line in vertical plane, dependent in horizontal plane.

widzenia celownika i automatycznie uwzględniane w procesie obliczania danych ogniowych. Wszystkie wprowadzone dane stanowią podstawę do wyznaczenia kompleksowej poprawki wyrażonej w postaci zmiany kąta rzutu armaty w odniesieniu do danych tabelarycznych dla danego rodzaju amunicji. W starszych SKO (np. TPD-K1) wprowadzenie poprawek polegało na przesunięciu głównego znaku celowniczego, natomiast naprowadzenie armaty spoczywało na działonowym (tzw. dwufazowe celowanie – zależna linia celowania). W nowych SKO odpracowanie wyliczonych poprawek jest dokonywane przez układ naprowadzania uzbrojenia – automatyczne przemieszczenie osi balistycznej (geometrycznej) w elewacji i azymucie – niezależna linia celowania.

Należy podkreślić, że pełne wykorzystanie walorów nowoczesnego SKO podczas prowadzenia ognia w ruchu - uzyskiwanie wysokiego prawdopodobieństwa trafienia w cel, zależy od efektywności pracy stabilizatora, a głównie od jego dokładności oraz rozwiązania konstrukcyjnego układu zezwolenia na strzał.

2.3. Podstawowe charakterystyki SKO

Podstawowe parametry systemów kierowania ogniem wozów bojowych można sprowadzić zasadniczo do trzech parametrów:

- czasu gotowości do pracy;
- prawdopodobieństwa trafienia w cel;
- czasu do oddania pierwszego i kolejnego strzału.

Oprócz powyższych parametrów celowa jest analiza w zakresie możliwości wykorzystania systemu przez działonowego i dowódcę – rodzajów pracy.

Powyższe parametry uwzględniają praktycznie wszystkie istotne charakterystyki elementów składowych SKO. Ilość sensorów (ich technologia) oraz algorytm przetwarzania danych niezbędnych do kalkulacji toru pocisku wpływa bezpośrednio na czas gotowości, czas do oddania pierwszego strzału oraz prawdopodobieństwo trafienia. Wykorzystane przyrządy obserwacyjno-celownicze (przetworniki obrazu, zastosowane powięk-

the gunsight field of view and automatically used for calculation of fire settings. Every entered data is a base for calculation of a combined correction expressed by the change of gun jumping angle in respect to tabular data for a specific type of ammunition. In older FCS (e.g. TPD-K1) the corrections were introduced by a shifting of the main sighting mark, whereas the training of the gun was made by the gunner (so called two-stage sighting – dependent sighting line). The response of modern FCS to calculated correction is performed by the weapon control system – the ballistic (geometrical axis) moves automatically in elevation and azimuth – independent sighting line.

It has to be stressed that a successful use of performance represented by modern FCS at firing in movement, i.e. high probability of hitting the target, depends on the efficiency of stabiliser operation, and mainly on its accuracy and on the designing solution of a unit authorising the shot.

2.3. Basic Characteristics of FCS

Basic performance of combat vehicles fire control systems may be illustrated in general by three parameters:

- Stand-by time
- Probability of hitting the target
- Time for firing the first and next shots.

Apart from the above parameters it seems reasonable to analyse possibilities for using the system by the gunner and commander at different operational modes.

The parameters listed above account in practice all essential characteristics of FCS components. The number of sensors (their technology) and an algorithm for data processing necessary to calculate the projectile trajectory affect directly the stand-by time, the time for delivering the first shot and the probability of hitting. Applied instruments for aiming-observation (image converters, deployed enlargements and stabilisation of aiming line) determine the

szenia oraz zastosowana stabilizacja linii celowania) determinują zasięgi wykrycia oraz ułatwiają proces celowania, co warunkuje szybkostrzelność oraz wpływa na prawdopodobieństwo trafienia. Elementy wykonawcze stabilizatora uzbrojenia określają charakterystyki dynamiczne przemieszczania osi balistycznej uzbrojenia i wpływają na dokładność odpracowania poprawek balistycznych, co przekłada się także na szybkostrzelność i prawdopodobieństwo trafienia w cel.

2.4. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne

2.4.1. Zmodernizowany PT-91

W latach 1998 - 2007 prowadzono prace nad implementacją do czołgu PT-91 systemu SAVAN. W pierwszym etapie wykorzystano istniejące elektrohydrauliczne napędy wieży i armaty, w drugim zostały one wymienione na elektryczne. Ogólną strukturę systemu przedstawiono na rys. 2.

SKO ukompletowano w oparciu o dziennie-nocny celownik działonowego SAVAN, wyposażony w dwupłaszczyznowy układ stabilizacji linii celowania toru dziennego i nocnego, zintegrowany z modułem dalmierza laserowego i blokiem kamery termowizyjnej (IRIS – II generacja). Celownik posiada kanał dzienny z dwoma powiększeniami oraz mikromonitor pozwalający obserwować obraz z kamery termowizyjnej przez okular toru dziennego, układ określający przechylenie i pochylenie wieży oraz układ równoległoboku zapewniający sprzężenie linii celowania z armatą podczas ręcznego naprowadzania. Drugim celownikiem jest przyrząd dowódcy - VIGY-40 (niezależny celownik dzienny z dwupłaszczyznową stabilizacją).

Dodatkowym wyposażeniem SKO Savan 15 mogły być:

- panoramiczny dziennie-nocny celownik dowódcy VIGY 40-K z dwupłaszczyznową stabilizacją linii celowania oraz dalmierzem laserowym,
- układ MRS (Muzzle Reference System) i DMRS (Dynamic MRS) – statycznego i dynamicznego pomiaru ugięcia przewodu lufy oraz automatycznego wizowania na postoju i po każdym strzale.

ranges of detection and facilitate the process of sighting what affects the rate of fire and the probability of hitting. The weapon stabiliser servomechanisms define dynamical characteristics of displacements for weapon ballistic axis and affect the accuracy of reaction against ballistic corrections what also translates into the rate of fire and the probability of hitting the target.

2.4. Exemplary Designs

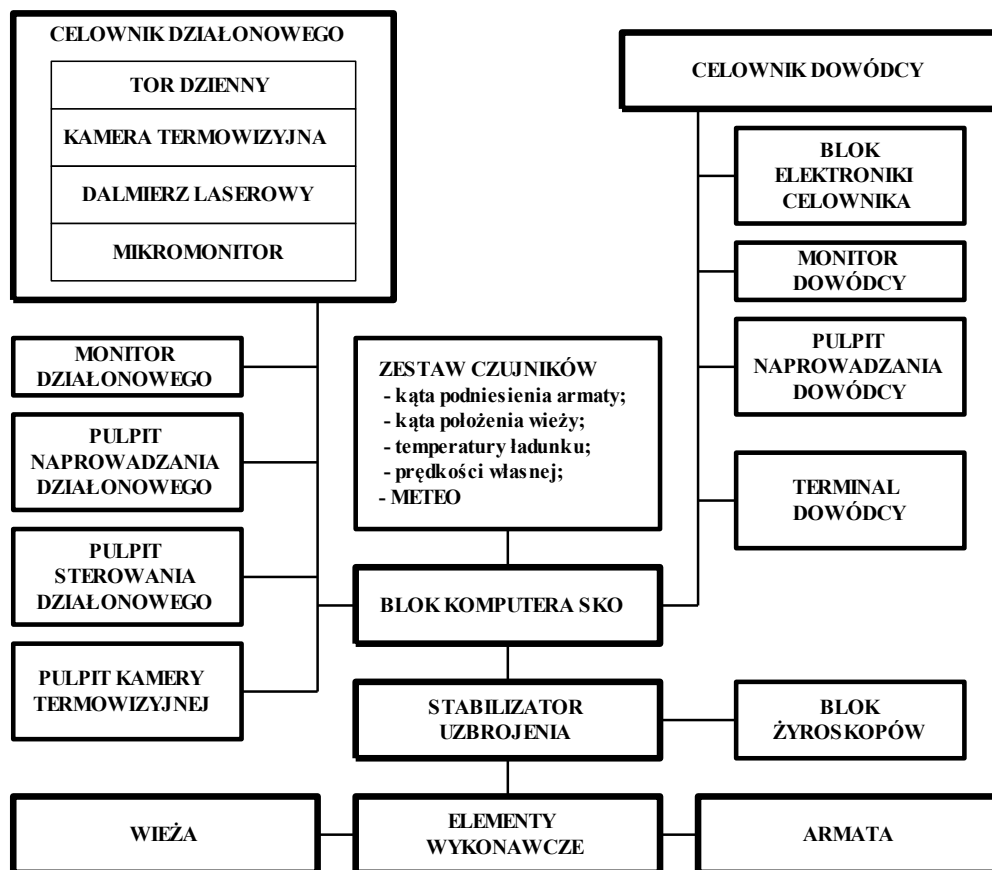
2.4.1. Upgraded PT-91

The work had been conducted on implementation of SAVAN system into PT-91 tank within 1998 -2007. In the first stage the existing electro-hydraulic drives of turret and gun were used and replaced by the electric ones in the second step. A general structure of the system is shown in Fig. 2.

Integration of FCS was based on day-&-night gunner's sight SAVAN equipped with a two-plane unit stabilising the sighting line of day and night channels, and integrated with a laser range finder and a unit of thermal camera (IRIS – II generation). The gunsight has the day channel with two magnifications, and a miniature monitor to see the picture of thermal camera through the day channel eye-piece, and the unit determining turret's tilt and elevation, and a unit of the parallelogram securing the coupling between the sighting line and the gun at manual training of the gun. The second gunsight is a commander's device - VIGY-40 (independent day gunsight with two-plane stabilisation).

Following additional accessories of Savan 15 FCS could be deployed:

- Panoramic day-and-night commander's gunsight VIGY 40-K with two-plane stabilisation of sighting line and the laser range finder
- MRS (Muzzle Reference System) and DMRS (Dynamic MRS) units – a static and dynamic bending measurement of the barrel bore and automatic optical calibration at standing and after each shot.



Rys. 2. Struktura SKO zmodernizowanego czołgu PT-91

Fig. 2. FCS structure of the modernized tank PT-91

- Celownik działonowego – Gunner's sight
 Tor dzienny – Day channel
 Kamera termowizyjna – Thermovision camera
 Dalmierz laserowy – Laser range finder
 Mikromonitor – Minature monitor
 Monitor działonowego – Gunner's monitor
 Pulpit naprowadzania działonowego – Gunner's training panel
 Pulpit sterowania działonowego – Gunner's control panel
 Pulpit kamery termowizyjnej – Thermovision camera panel
 Wieża – Turret
 Zestaw czujników – Set of sensors
 Kąta podniesienia armaty – Gun elevation angle
 Kąta położenia wieży – Turret position angle
 Temperatury ładunku – Explosive charge temperature
 Prędkości własnej – Own velocity
 Meteo – Meteorological conditions
 Blok komputera sko – FCS computer unit
 Stabilizator uzbrojenia – Weapon stabiliser
 Elementy wykonawcze – Servomechanisms
 Celownik dowódcy – Commander's sight
 Blok elektroniki celownika – Gunsight electronic unit
 Monitor dowódcy – Commander's monitor
 Pulpit naprowadzania dowódcy – Commander's training panel
 Terminal dowódcy – Commander's terminal
 Blok żyroskopów – Gyroscope unit
 Armata - Gun

2.4.2. Leopard 2A4

Głównym przyrządem obserwacyjno-celowniczym działonowego jest dwuokularowy EMES-15A2, którego lustro jest stabilizowane w dwóch płaszczyznach, zintegrowany z dalmierzem laserowym CE628 oraz kamerą termowizyjną WBG-X. Stanowisko działonowego wyposażone jest również w celownik awaryjny FER0-Z18, którego powiększenie wynosi x8.

Do obserwacji nocnej oraz w złych warunkach atmosferycznych wykorzystywany jest termowizor WBG-X, którego maksimum czułości zawiera się w przedziale 8÷14 μ m (maksimum emisji ciała o temperaturze 30°C przypada dla długości fali ok. 10 μ m) [7].

SKO umożliwia śledzenie i prowadzenie ognia do celów poruszających się ruchem poprzecznym. W okularach celownika wyświetlana jest wtedy specjalna siatka uwzględniająca niezbędne wyprzedzenie.

Cyfrowy przelicznik balistyczny systemu kierowania ogniem obsługiwany jest głównie przez działonowego. Większość danych do strzelania wprowadzana jest automatycznie. Wprowadzone informacje wyświetlane są w okularach przyrządu obserwacyjnego.

Cały system kontrolowany jest przez zintegrowany układ diagnostyczny RPP 1-8 obsługiwany przez dowódcę czołgu.

Dowódca wyposażony jest w przyrząd obserwacyjno-celowniczy PERI R-17, również niezależnie stabilizowany w dwóch płaszczyznach. Jego zadaniem jest prowadzenie obserwacji terenu i wskazywanie celów do zniszczenia. Komendy dowódcy są nadrzędne w sto-sunku do komend działonowego. Może on zmienić położenie wieży kierując ją w stronę większego zagrożenia. Sterowanie działonowego zostaje wówczas wyłączone. Dowódca ma możliwość wykorzystania obrazu z kamery WBG-X zintegrowanej z EMES-15 do obserwacji terenu. Obraz ten jest transmitowany do przyrządu PERI R-17.

W czołgu Leopard 2A5 montowany jest panoramiczny celownik dziennie-nocny dowódcy PERI R-17A2. Posiada on dodatkowo zespoloną kamerę termowizyjną.

SKO czołgu Leopard 2 posiada urządzenie do pomiaru statycznego i dynamicznego ugię-

2.4.2. Leopard 2A4

Binocular main observation-sighting device EMES-15A2 used by the gunner is equipped with a two-plane stabilised mirror and integrated with laser range finder CE628 and thermal camera WBG-X. The gunner's post is also equipped with an emergency gunsight FER0-Z18 with enlargement x8.

Observation at night and bad weather conditions is carried out by thermal-sight WBG-X having the maximal sensitivity on the range of 8÷14 μ m (maximal emission of human body at 30°C is on wavelength of ca. 10 μ m) [7].

FCS enables tracking and firing against the targets moving at traverse directions. In binoculars of the gunsight a special reticule is displayed then to count a necessary advance.

Fire control system digital ballistic calculator is mainly handled by the gunner. The most of data needed for firing is entered automatically. Acquired information is displayed in binoculars of observation instrument.

The whole system is checked by integrated diagnostic system RPP 1-8 handled by the tank commander.

The commander uses observation-sighting device PERI R-17 which is also stabilised in two planes. It is designated to observe the terrain and indicate targets to be engaged. The commander's commands precede the commands of the gunner. He may change the position of the turret and direct it towards a greater threat. The gunner's controlling panel is off at that time. The commander can use the picture from WBG-X camera which is integrated with EMES-15 to observe the terrain. The image is transmitted to instrument PERI R-17.

Leopard 2A5 tank is equipped with commander's panoramic day-and-night gunsight PERI R-17A2. It has an additional thermal camera integrated.

FCS of Leopard 2 has instruments to measure the static and dynamical bending of barrel bore and for setting the cen-

cia przewodu lufy oraz do ustawiania zerowej linii celowania.

2.4.3. Leclerc

System zawiera: dalmierz laserowy Avimo HL-58, modułową kamerę termowizyjną Athos produkowaną przez SAFT, stabilizowane przyrządy celownicze działono-wego (SAGEM HL-60) oraz dowódcy (SFIM HL-70 lub HL-80).

SAGEM HL-60 stabilizowany w dwóch płaszczyznach celownik dziennie-nocny (optyczno-termowizyjny) działonowego stanowi podstawowy zespół SKO i jest sprzężony mechanicznie z armatą. Zawiera żyroskopy o niskim znoszeniu, bardzo precyzyjne cyfrowe wyznaczniki kątów, dalmierz laserowy i kamerę termowizyjną. Wszystkie te komponenty są rozmieszczone w trzech oddzielnych modułach: głowicy stabilizowanego celownika, systemu wykrycia i lokalizacji celu oraz bloku elektronicznego.

Celownik umożliwia obserwację przy wykorzystaniu optycznego kanału dziennego charakteryzującego się powiększeniami x3,3 i x10 lub termowizji. Termowizja zapewnia pracę w dzień z powiększeniami x10, a w nocy z powiększeniami x3,3 lub x10. Przy wykorzystaniu termowizji w nocy możliwe jest wykrycie celu z odległości 5000 m, a jego identyfikację z 4000 m. Stanowisko działonowego wyposażone jest w dwie konsole do obsługi SKO, wielofunkcyjny monitor oraz sześć peryskopów do prowadzenia obserwacji okrężnej [4].

Stanowisko dowódcy wyposażone jest w niezależnie stabilizowany dwuosiowo celownik typu HL70 lub HL80, produkowany w układach SFIM.

Celownik charakteryzuje się powiększeniami x2.7 i x10, dzięki czemu umożliwia wykrywanie celów z odległości 4600 m, a ich identyfikację z odległości 2600 m [4]. Cenną zaletą jest możliwość prowadzenia obserwacji okrężnej bez zmiany położenia głowy (zastosowano obrotową głowicę). Stanowisko dowódcy wyposażone jest także w 15 cm wielofunkcyjny monitor. Podczas prowadzenia ognia w nocy na monitorze wyświetlany jest obraz widziany w celowniku działonowego. Ponadto celownik wyposażony jest w przełącz-

tral line of aiming.

2.4.3. Leclerc

System contains laser range finder Avimo HL-58, modular thermal camera Athos manufactured by SAFT, stabilised sight for gunner (SAGEM HL-60) and commander (SFIM HL-70 or HL-80).

Gunner's day-and-night (optical-thermal) sight SAGEM HL-60 stabilised in two planes and coupled mechanically with the gun is the basic unit of FCS. It contains the gyroscopes with low drift, very high precision digital sensors of angles, laser range finder and thermal camera. Each such component is integrated into three separate modules: unit of stabilised gunsight, system for detection and localisation of targets and electronic unit.

The gunsight enables observation via day optical channel characterised by enlargements x3.3 and x10 or via thermal channel. Thermal channel works on day at enlargement x10 and in night at enlargements x3.3 or x10. Thermal camera provides detection of targets at night on ranges to 5000 m and their identification to 4000 m. The gunner post is equipped with two panels for handling the FCS, multifunctional computer and six periscopes for omnidirectional observation [4].

Commander's post is equipped with gunsight HL70 or HL80, manufactured by SFIM, stabilised independently in two axes.

The gunsight provides magnifications x2.7 and x10 to detect targets on ranges up to 4600 m and identify them to 2600 m [4]. Possibility of azimuthal observation without operator's head turning is an advantage (a rotating unit is used). The commander post is also equipped with 15 cm multifunctional monitor. At night firing the monitor displays the gunner's sight picture. Moreover the gunsight is equipped with a switch for matching the line of firing with the commander's or gunner's sight. The

nik do zgrzywania linii strzału z celownikiem swoim lub działonowego. Stanowisko dowódcy zawiera także monitor układu wymiany informacji między poszczególnymi wozami. Dodatkowo stanowisko dowódcy wyposażone jest w obrotową wieżyczkę, konsolę obsługi podstawowych systemów wieży i automatycznego systemu diagnostycznego. Prowadzenie obserwacji ułatwia mu dodatkowo siedem peryskopów wbudowanych w konstrukcję wieży.

SKO sprawia, że prawdopodobieństwo trafienia standardowego celu pociskiem podkalibrowym z odległości 2000 m lub kumulacyjnym z odległości 1500 m wynosi ok. 95%⁵, natomiast wraz ze zmechanizowanym systemem zasilania amunicją zapewnia szybkostrzelność podczas postoju do 12 strzałów na minutę. Próby ogniowe wykazały, że w czasie jazdy z prędkością 36 km/h z czołgu można oddać do 6 strzałów na minutę do poruszających się celów [4].

2.4.4. Challenger 2

System kierowania ogniem zawiera termowizyjny układ obserwacji celowania (TOGS – Thermal Observation and Gunnery Sight), dalmierz laserowy, cyfrowy przelicznik balistyczny i zestaw czujników badających warunki atmosferyczne oraz celowniki dowódcy i działonowego.

Challenger 2 jest wyposażony w taki sam komputer pokładowy (Computing Device Canada) jak M1A2 Abrams. Może się on stać elementem rozbudowanych układów kontroli pojazdu oraz wymiany informacji między czołgami. Dowódca może samodzielnie naprowadzać armatę na cel oraz prowadzić z niej ogień. Jego stanowisko wyposażono w dzienny, panoramiczny, stabilizowany dwupłaszczyznowo przyrząd obserwacyjny SFIM VS 580 francuskiej konstrukcji (podobny zastosowano w czołgu Leclerc). Umożliwia on obserwację pola walki w zakresie 360° bez zmiany położenia głowy z powiększeniami w torze dziennym x3.2 oraz x10.

Dodatkowo, w wieżyczce dowódcy montowanych jest osiem peryskopów. Nad każdym

commander post also includes a monitor for data exchange between particular vehicles. The post is additionally equipped with a turning turret, a panel controlling basic systems of the turret, and automatic diagnostic system. Finally, the observation is additionally facilitated by seven periscopes embedded into the turret.

The FCS effects that hitting probability into a standard target by a kinetic projectile at the range of 2000 m or by a shaped charge head at the range of 1500 m is ca. 95%⁶, whereas it provides together with a mechanised ammunition feeding system the rate of fire at standing position up to 12 shots per minute. The firing trials have proved that the tank can fire 6 shots per minute, when driving at velocity of 36 km/h, against moving targets [4].

2.4.4. Challenger 2

Fire control system consists of Thermal Observation and Gunnery Sight (TOGS), laser range finder, digital ballistic converter and a set of sensors for atmospheric conditions, and commander's and gunner's sights.

Challenger 2 is equipped with the same onboard computer (Computing Device Canada) as M1A2 Abrams. It may be used as a part of comprehensive systems for vehicle checking and data exchange between the tanks. Commander may train the gun into a target individually and make it fire. His post is equipped with a day, panoramic observation device SFIM VS 580 of French design having two stabilised planes (similar to one deployed in Leclerc tank). It provides the observation of the battlefield for 360° without any need to move the operator's head at magnifications of the day channel x3.2 and x10.

Additionally the commander's turret embeds eight periscopes. A button is

⁵ Zgodnie z metodyką [1]

⁶ According to methodology [1]

z nich znajduje się przycisk do automatycznego naprowadzania armaty w pole widzenia obejmowane przez dany peryskop.

Zasadniczy przyrząd obserwacyjny działonowego SAVAN 10, opracowany przez Pilkington Optronics z SAGEM, jest także stabilizowany w dwóch płaszczyznach. Zawiera tor bezpośredni i Nd:Yag dalmierz laserowy.

Zmodernizowany, termowizyjny system obserwacji i prowadzenia ognia (TOGS) umieszczono nad armatą, co uprościło konstrukcję układu zgrywającego ich osie.

Dowódca i działonowy mają osobne monitory wyświetlające obraz z termowizora (powiększenie x4 i x11,5). Podczas postoju na zakrytych stanowiskach do układu termowizyjnego można podłączyć także przyrządy obserwacyjne kierowcy, wobec czego może prowadzić on obserwację terenu.

SKO zawiera również zespolony czujnik meteorologiczny firmy Integrated Photomatrix Limited.

2.4.5. M1A1 i M1A2 Abrams

Zastosowany SKO i stabilizacja uzbrojenia zapewniają trafienie nieruchomego, standardowego celu o wymiarach 2,3x2,3 m w odległości do 2000 m z prawdopodobieństwem 90%, zaś w odległości 3000 m powyżej 50% przy strzelaniu pociskiem APFSDS z rdzeniem uranowym [4].

SKO zawiera m.in. zintegrowany celownik ze stabilizowanym obrazem, cyfrowy przelicznik balistyczny, czujniki do automatycznego pomiaru i wprowadzania do przelicznika niezbędnych danych pomiarowych oraz terminali do ręcznego wprowadzania danych i kontroli pracy SKO.

Zintegrowany celownik (producentem jest Kollmorgen Corporation) jest stabilizowany tylko w płaszczyźnie pionowej i zawiera peryskopowy celownik działonowego, termowizor i dalmierz laserowy. Producentem dalmierza laserowego i termowizora jest firma Hughes Aircraft Company. Zasięg obserwacji prowadzonej za pomocą termowizora średnio wynosi ok 1200 m. Celownik charakteryzuje się powiększeniami x3, x10 oraz x1 i jest sprzężony z przyrządem obserwacyjnym dowódcy, dzięki czemu dowódca

placed at the top of each of them to train automatically the gun into the field of view of the particular periscope.

The main gunner's observation device SAVAN 10, developed by Pilkington Optronics from SAGEM, is also stabilised in two planes. It has a laser range finder with direct channel and Nd:Yag.

The upgraded thermal system for observation and firing (TOGS) is integrated above the gun to simplify the design of a unit matching their axes.

Commander and gunner have separate monitors displaying the image of thermal device (enlargement x4 and x11.5). At standing position in concealed sites the driver's observation units may be connected with the thermal device and then he may observe the terrain as well.

The FCS also includes an integrated meteorological sensor made by Integrated Photomatrix Limited.

2.4.5. M1A1 and M1A2 Abrams

The FCS and weapon stabilisation system provide hitting a standard target with the size of 2.3x2.3 m on the range to 2000 m at probability of 90%, and on the ranges to 3000 m at probability higher than 50% by firing APFSDS projectile with uranium core [4].

Among all, the FCS contains an integrated gunsight with picture stabilisation, digital ballistic converter, sensors for automatic measurements and sending the demanded measurement data into the converter, and terminals for entering manual data and checking the operation of the FCS.

The integrated gunsight (manufactured by Kollmorgen Corporation) is stabilised only in the vertical plane and includes the gunner's periscopic sight, thermal device and laser range finder. The laser range finder and thermal device are manufactured by Hughes Aircraft Company. The average range of observation by thermal device is ca. 1200 m. The gunsight has the enlargements x3, x10 and x1 and is coupled with commander's

ma możliwość oglądania tego samego obrazu co działonowy.

Głównym elementem systemu kierowania ogniem jest przelicznik balistyczny, produkowany przez firmę Computing Devices Company. Przelicznik balistyczny przy wypracowywaniu poprawek uwzględnia również szereg danych wprowadzanych ręcznie za pomocą terminala. Przelicznik prowadzi ciągłą kontrolę wewnętrznych funkcji oraz pamięci, a wykryte niesprawności sygnalizuje działonowemu.

Dodatkowo, stanowisko działonowego wyposażono w dzienny celownik Kollmorgen model 939, charakteryzujący się powiększeniem x8, zaś stanowisko dowódcy M1A2 Abrams w sześć peryskopów i celownik o powiększeniu x3, służący do prowadzenia ognia z armaty lub z zainstalowanego na wieży karabinu maszynowego. W polu widzenia okularu tego celownika może być wyświetlany obraz z termowizora celowniczego.

W czołgu M1A2 Abrams udoskonalono stanowisko dowódcy czołgu, wyposażając je w panoramiczny, dziennie-nocny i termowizyjny przyrząd obserwacyjny CITV (stabilizowany w dwóch płaszczyznach). Umożliwia on obserwację pola walki sektorami, wykrywanie i identyfikację celów w każdych warunkach atmosferycznych, zarówno w dzień, jak i w nocy. Dzięki sprzężeniu urządzenia z zintegrowanym celownikiem głównym, dowódca ma możliwość automatycznego wskazania działonowemu wykrytych celów. Zastosowano także nowy elektroniczny system kierowania ogniem FCEU (Fire Control Electronics Unit), wyposażając go w dalmierz laserowy na bazie CO₂ i ulepszony przelicznik balistyczny. Wprowadzono informacyjny system IVIS (Intervehicular Information System), który m.in. na bieżąco diagnozuje zespoły pojazdu, informuje załogę o ich stanie i przesyła informacje do szczebla nadrzędnego. Rozważa się również wprowadzanie systemu nawigacji satelitarnej typu NAVSTAR-GPS, jak również radiolokacyjnego systemu wykrywania celów MTAS (Multisensor Target Acquisition System) i układu identyfikacji swój/obcy.

observation device and due to it the commander can see the same picture as the gunner.

Ballistic converter manufactured by Computing Devices Company is a main component of the fire control system. Calculation of corrections by the ballistic converter also takes into account the data which is manually entered from a terminal. The converter performs a continuous check of internal functions and memory, and detected malfunctions are communicated to the gunner.

Additionally the gunner post is fitted with the day gunsight Kollmorgen model 939 having the enlargement x8, and M1A2 Abrams commander post is fitted with six periscopes and the sight of x3 enlargement for firing with the gun or the machinegun fixed on the turret. The field of view of this sight may include pictures from gunner's thermal device.

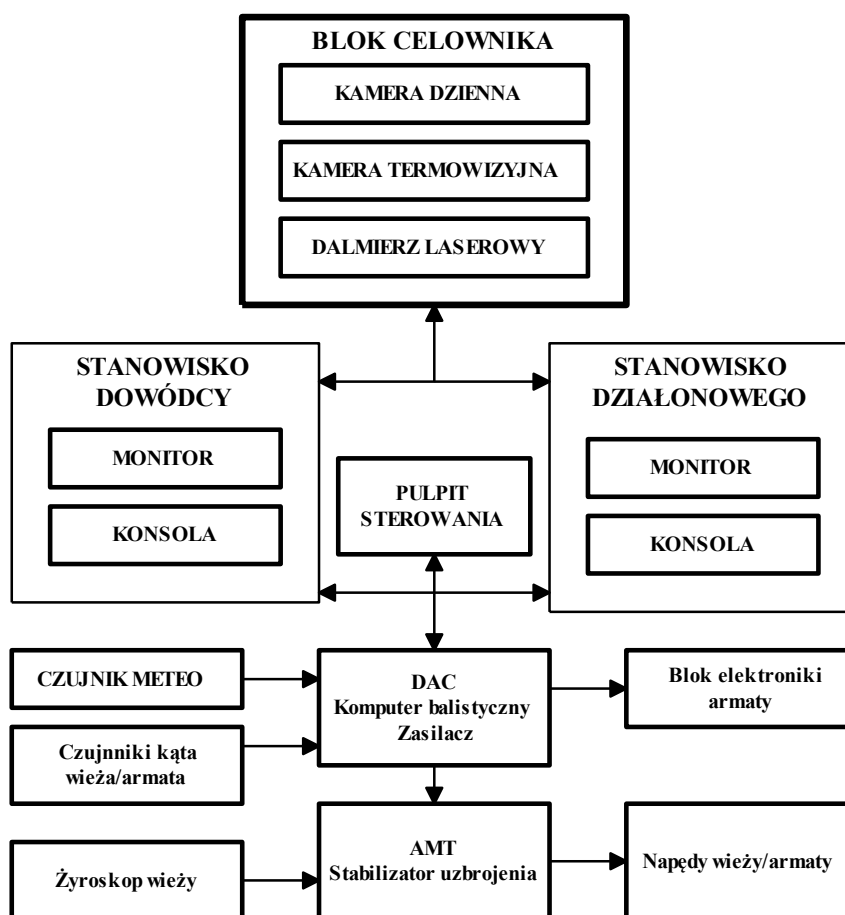
The post of M1A2 Abrams commander is improved by deployment of a panoramic, day-and-night and thermal observation device CITV (stabilised in two planes). It provides the observation of the battlefield in sectors, detection and identification of targets at every atmospheric conditions, both at day and night. Due to coupling of this device with the integrated main gunsight the commander can automatically indicate spotted targets to the gunner. Moreover a new Fire Control Electronics Unit (FCEU) was used with CO₂ laser range finder and an upgraded ballistic converter. Intervehicular Information System (IVIS) was introduced to perform an instant diagnosis of vehicle units, and inform the crew about their status, and send the information to a higher level. The implementation of NAVSTAR-GPS type satellite navigation is also considered both with a radar target detection system MTAS (Multisensor Target Acquisition System), and a friend-foe identification system.

2.4.6. KTO Rosomak

System kierowania ogniem zastosowany w wieży HITFIST umożliwia dwuosobowej załodze obserwację przedpola, wybór celu oraz prowadzenie ognia z uzbrojenia pokładowego. Ogólną strukturę systemu przedstawiono na rys. 3.

2.4.6. KTO Rosomak

Fire control system used in HITFIST turret secures observation of foreground by two man crew, and selection of a target, and firing with the onboard weapons. An overall structure of the system is shown in Fig. 3.



Rys. 3. Struktura systemu kierowania ogniem kołowego transportera opancerzonego ROSOMAK

Fig. 3. Structure of the fire control system for wheeled armoured carrier ROSOMAK

Blok celownika – Gunsight unit

Kamera dzienna – Day camera

Kamera termowizyjna – Thermal camera

Dalmierz laserowy – Laser range finder

Stanowisko dowódcy – Commander's post

Konsola – Panel

Czujnik Meteo – Meteorological sensor

Czujnik kąta wieża/armata – Turret/gun angle sensor

Żyroskop wieży – Turret gyroscope

Pulpit sterowania – Control panel

DAC komputer balistyczny, Zasilacz – DAC ballistic computer, powering unit

AMT stabilizator uzbrojenia – AMT weapon stabilizer

Stanowisko działonowego – Gunner's post

Blok elektroniki armaty – Gun electronics unit

Napędy wieży/armaty – Turret/gun driving systems

W kołowym transporterze opancerzonym Rosomak podstawowym elementem systemu jest celownik dziennie-nocny DNRS 288 (firmy KOLLSMAN). Nie posiada on stabilizacji linii celowania - lustro peryskopu zostało sprzężone z armatą za pośrednictwem układu mechanicznego.

Celownik wyposażony jest w kamerę termowizyjną TILDE (II generacji linijka chłodzonych detektorów 288 x 4) pracującą w paśmie 8÷12 μm .

Tor dzienny celownika zawiera wbudowaną kamerę umożliwiającą zobrazowanie pola widzenia. Celownik wyposażony jest w bezpieczny dla oka (długość fali 1,54 μm) dalmierz laserowy klasy 3A.

Zobrazowanie przedpola realizowane jest z wykorzystaniem monitorów umieszczonych na stanowiskach dowódcy i działonowego. Każde stanowisko wyposażone jest w konsole do sterowania napędami i prowadzenia ognia z uzbrojenia pokładowego. Pomiedzy stanowiskami umieszczony jest pulpit sterowania systemem (PSS). Pozostałe elementy SKO umieszczono w koszu wieży – blok AMT (sterowanie napędami – stabilizacja i naprowadzanie uzbrojenia), DAC – komputer balistyczny z zasilaczem, blok sterowania uzbrojeniem, żyroskop wieży oraz czujniki położenia armaty i wieży.

Dodatkowo do wprowadzenia danych wykorzystywana jest klawiatura pomocnicza.

2.4.7. Nowe SKO dla wieży bezzałogowej

Na początku drugiej dekady XXI w podjęto w SZ RP temat wyposażenia KTO Rosomak w wieżę bezzałogową. Aktualnie program jest finalizowany i wieża przechodzi badania wstępne - zakładowe. Zasadniczą strukturę systemu kierowania ogniem zaprezentowano na rys. 4.

Konstrukcję oparto o dwie niezależne głowice obserwacyjno-celownicze wyposażone w indywidualne systemy stabilizacji. Przyjęte rozwiązanie zapewnia niezależną obserwację przedpola i wykrywanie celów zarówno przez celowniczego jak i dowódcę. Nowymi elementami jest system autotrakera oraz interfejs umożliwiający współpracę z

A day-and-night gunsight DNRS 288 made by KOLLSMAN is the basic component of the system used by the wheeled armoured transporter Rosomak. The sighting line is not stabilised – the periscope mirror is coupled with the gun by means of a mechanical unit.

The gunsight is fitted with thermal camera TILDE (a line of cooled detectors 288 x 4 of the II-nd generation) operating on the band 8÷12 μm .

Day channel of the sight has an embedded camera to visualise the field of view. The gunsight is fitted with an eye-safe (wavelength 1.54 μm) laser range finder of 3A class.

The foreground picture is presented on monitors placed on the posts of commander and gunner. Each post is fitted with the panels to control the driving system and to fire with the onboard weapons. A system control panel (SCP) is placed between the posts. The remaining components of FCS are fitted into the turret compartment – unit AMT (drive control – stabilisation and control of weapons), DAC – ballistic computer with a supply unit, weapon control unit, turret's gyroscope, and sensors measuring positions of turret and gun.

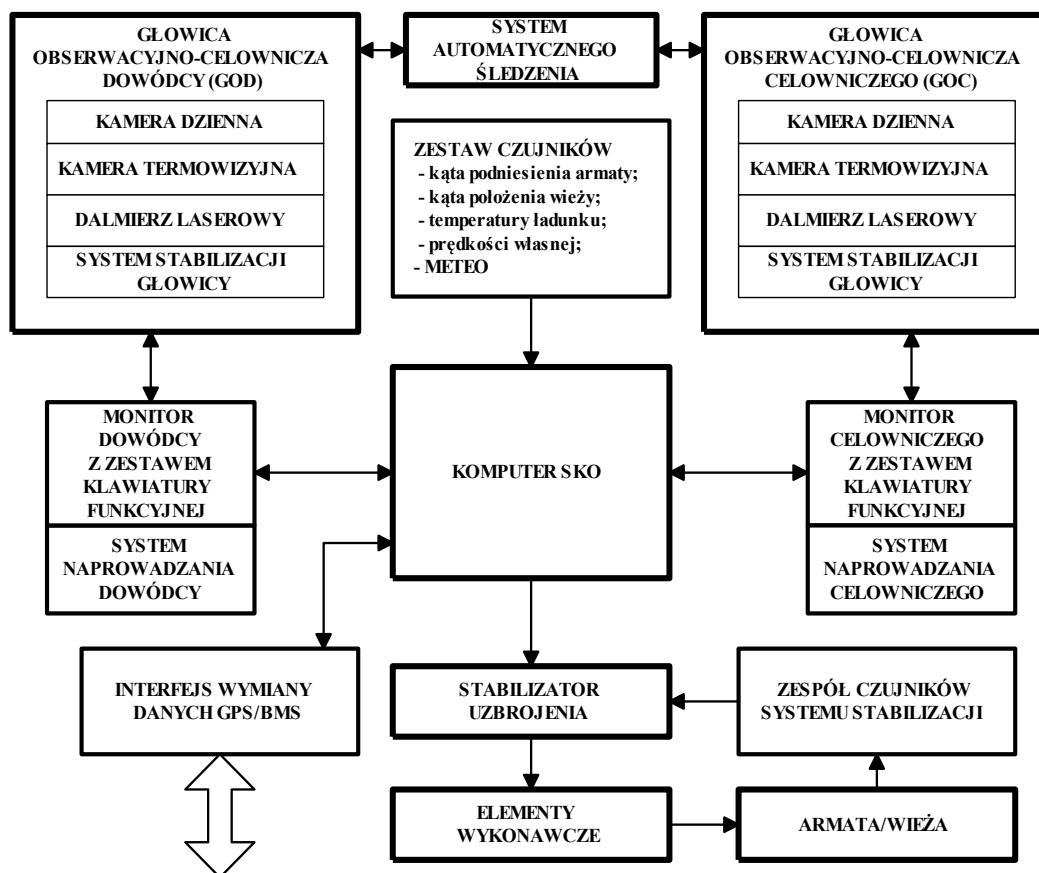
Additionally, a separate keyboard is used for entering the data.

2.4.7. New FCS for Unmanned Turret

A project was launched by the Polish Armed Forces at the beginning of 20-ties on fitting the KTO Rosomak with an unmanned turret. Now the project is finalised and the turret is in the phase of initial factory tests. A general structure of the fire control system is shown in Fig. 4.

The design is based on two independent observation-aiming units fitted with individual stabilisation systems. Accepted solution provides independent observation of the foreground and detection of targets both by the gunner and the commander. A system of auto-tracker and interface securing the common work with BMS (Battle-

systemem BMS (Battlefield Management System) are the new components.



Rys. 4. Struktura systemu kierowania ogniem wieży bezałogowej⁷

Fig. 4. Structure of the fire control system of the unmanned turret⁸

Głowica obserwacyjno-celownicza dowódcy (GOD) – Commander's observation-aiming unit

Kamera dzienna – Day camera

Kamera termowizyjna – Thermal camera

Dalmierz laserowy – Laser range finder

System stabilizacji głowicy – Unit stabilisation system

Monitor dowódcy z zestawem klawiatury funkcyjnej – Commander's monitor with functional keyboard

System naprowadzania dowódcy – Commander's sighting system

Interfejs wymiany danych GPS/BMS – GPS/BMS data exchange interface

System automatycznego śledzenia – Automatic tracking system

Zestaw czujników – Set of sensors

Kąta podniesienia armaty – Gun elevation angle

Kąta położenia wieży – Turret position angle

Temperatury ładunku – Explosive charge temperature

Prędkości własnej – Own velocity

Komputer SKO – FCS computer

Stabilizator uzbrojenia – Weapon's stabiliser

Element wykonawcze – Servomechanisms

Głowica obserwacyjno-celownicza celowniczego (GOC) – Gunner's observation-aiming unit

Zespół czujników systemu stabilizacji – Set of stabilisation system sensors

Armata/wieża – Gun/turret

⁷ Opracowano na podstawie Projektu Konceptyjnego HSW S.A.

⁸ Prepared on the base of HSW S.A. Conceptual Design

3. Badania systemów kierowania ogniem

3.1. Kryteria oceny

Podstawowym kryterium oceny, wykonywanym we wszelkiego rodzaju analizach porównawczych różnych systemów ogniowych, jest prawdopodobieństwo trafienia w cel oraz praktyczna szybkostrzelność.

Prawdopodobieństwo trafienia pierwszym pociskiem w cel, dla danego rodzaju celu, jest funkcją parametrów określających celność i rozrzut pocisków.

O celności armaty, pomijając błędy popełniane przez operatora, decyduje przede wszystkim jakość systemu kierowania ogniem, a parametrem ją charakteryzującym jest odchylenie średniego punktu trafienia (zwane dalej ŚPT) od punktu celowania, natomiast rozrzut pocisków jest związany z jakością armaty oraz amunicji. Parametrami charakteryzującymi rozrzut są uchylenia środkowe (U_w – uchylenie wznwyż, U_s – uchylenie wszerz).

Badania systemów kierowania ogniem mają na celu sprawdzenie zgodności ich parametrów z wymaganiami określonymi w założeniach taktyczno-technicznych. Sprawdzanym parametrem jest, między innymi, zasięg celnego ognia, określane poprzez wyznaczenie prawdopodobieństwa trafienia w cel pierwszym pociskiem, w określonych warunkach strzelania i określonego rodzaju pociskiem.

Do końca ubiegłego wieku w SZ RP funkcjonował termin „zasięg celnego ognia” oznaczający odległość, dla której prawdopodobieństwo trafienia pierwszym pociskiem w cel wynosi 55 %. Określany był w założeniach taktyczno-technicznych na system kierowania ogniem, dla wszystkich rodzajów amunicji i następujących wariantów prowadzenia ognia:

a. w warunkach dziennych:

- z postoju czołgu lub krótkich przystanków do celu nieruchomego;
- z postoju lub krótkich przystanków do celu poruszającego się;
- w ruchu do celu nieruchomego;
- w ruchu do celu poruszającego się.

3. Investigations of Fire Control Systems

3.1. Evaluating Criteria

Real rate of fire and probability of hitting the target belong to basic criteria used at different comparative analyses for firing systems.

Probability of hitting the target by the first shot is, for a specific type of target, a function of parameters describing the accuracy of hitting and scattering of projectiles.

Precision of the gun, apart from errors made by the crew, depends most of all upon the quality of the fire control system which is characterised by a parameter describing the deviation of the average hitting point (AHP) from the point of aiming, whereas the scattering of projectiles is connected with the quality of the gun and ammunition. Central deviations (U_w – vertical deviation, U_s – lateral deviation) are the parameters describing the scattering.

Fire control systems are investigated to check the compliance of their parameters with the specifications presented in tactical-technical requirements. Above all, the range of accurate fire is checked by establishing the probability of hitting the target by the first shot at specified firing conditions and for a specified type of projectile.

At the end of 90-ties the Polish Armed Forces used terminology of “*range of accurate fire*” to describe the range for hitting the target by the first shot at probability of 55 %. It was specified in tactical-technical requirements for a fire control system, and for all types of ammunition, and for following options of firing:

a. At day conditions:

- From standing tank or from short standings against the unmoving target
- From standing tank or from short standings against the moving target
- At move against the unmoving target

- b. w warunkach nocnych:
- w ruchu czołgu do celu nieruchomego lub poruszającego się.

Jako cel do obliczeń przyjmowano figury bojowe czołgu, opracowane dla potrzeb szkolenia wojsk, przedstawiające sylwetki czołgu z przodu (cel nieruchomy) i z boku (cel w ruchu poprzecznym lub skośnym) – wykorzystywano figury bojowe nr 60 i nr 60a (czołg z przodu i z boku).

W krajach NATO określa się natomiast wartość prawdopodobieństwa trafienia w analogicznych warunkach prowadzenia ognia do znormalizowanych celów o wymiarach 2,3x2,3 m albo 4,6x2,3 m.

Istotnym wymaganiem w prowadzonych strzelaniach jest zachowanie powtarzalności warunków badań. Dotyczy to szczególnie podłoża, po którym porusza się wóz bojowy (beton, piasek) oraz jego prędkość.

3.2. Metody określania prawdopodobieństwa trafienia w cel

Prawdopodobieństwo trafienia pierwszym pociskiem w cel, dla danego rodzaju celu, jest funkcją parametrów określających celność i rozrzut pocisków. Celność określa położenie (przesunięcie) średniego punktu trafienia (SPT) względem punktu celowania (PC). Położenie SPT względem PC daje jednoznaczny pogląd na temat błędów w celowaniu popełnionych przez celowniczego oraz w głównej mierze jakości systemu kierowania ogniem wozu bojowego. Zadaniem jego jest wyznaczenie kątów podniesienia i wyprzedzenia armaty (z uwzględnieniem poprawek balistycznych, meteorologicznych i technicznych), aby wynik strzelania - SPT był jak najbardziej zbliżony do PC - niezależnie od istniejących warunków zewnętrznych.

Odpowiednia interpretacja położenia SPT przy dobrze zaplanowanym i zrealizowanym doświadczeniu może być pomocna nie tylko w ocenie całościowego systemu ogniowego wozu bojowego, ale również niektórych jego elementów. Określenie SPT sprowadza się do wyznaczenia wartości średniej współrzędnych przestrzelin w płaszczyznach pionowej i poziomej.

- At move against the moving target.

b. At night conditions:

- From the moving tank against the unmoving or moving target.

Silhouettes of combat tanks were taken as a target for calculations to represent the contours of tanks from the front view (unmoving target) and from the side (target moving in traverse or diagonal direction) - the combat figures nr 60 and nr 60a were used (tank from the front and side view).

In NATO countries the hitting probability is determined at identical conditions of firing against standardised targets with dimensions of 2.3x2.3m or 4.6x2.3m.

It is an essential question at the firing to preserve the repeatability of testing conditions. It concerns especially the ground a combat vehicle moves on (concrete, sand) and its velocity.

3.2. Target Hitting Probability Identification Methods

Probability of target hitting, for a specific type of target, by the first shot is a function of hitting accuracy and the scattering of projectiles. The accuracy is determined by position (shift) of the average hitting point (AHP) against the aiming point (AP). Position of AHP against AP provides unambiguous opinion on the sighting errors committed by the gunner, and in general, on the quality of combat vehicle fire control system. The main task of the system is to provide gun elevation and advance angles (after accounting the ballistic, meteorological and technical corrections) to get possibly close positions of AHP and AP at every ambient conditions of firing.

A proper interpretation of AHP position, at well planned and carried out experiment, may be helpful not only for evaluation of the overall combat vehicle fire control system, but for evaluation of some of its components as well. Determination of the AHP concerns the establishment of the average value for coordinates of hitting points in vertical and horizontal planes.

Rozrzut pocisków określa się w celu wyznaczenia prawdopodobieństwa trafienia w cel, ale może być również, przy odpowiednio zaplanowanym doświadczeniu i umiejętnej interpretacji wyników strzelania, wyznacznikiem cech podzespołów wozu bojowego. Jest on zjawiskiem fizycznym niemożliwym do wyeliminowania i jest miarą jakości armaty, w tym zastosowanej amunicji, jakości układu stabilizacji uzbrojenia oraz umiejętności operatora. Od tych elementów zależy w jakim „skupieniu” od SPT będą się układały prze-strzeliny.

Rozrzut charakteryzuje się poprzez podanie dwóch wielkości: odchylenia standardowego w płaszczyźnie pionowej oraz odchylenia standardowego w płaszczyźnie poziomej w odniesieniu do średniego punktu trafienia.

Mając określone powyższe parametry strzelania – średni punkt trafienia (środek pola rozrzutu) i pole rozrzutu (określone odchyleniami standardowymi) wyznaczane jest prawdopodobieństwo trafienia – stosunek powierzchni pola rozrzutu pokrywającego cel do powierzchni całkowitej pola rozrzutu.

3.3. Dokumenty normatywne

Aktualnie w SZ RP brak jest dokumentów normatywnych pozwalających ujedynolnić warunki i tryb prowadzenia testów SKO wozów bojowych. W armii Stanów Zjednoczonych i tym samym w krajach NATO już w latach 90-tych ubiegłego wieku opracowano ogólne wymagania do prowadzenia testów⁹.

W zakresie systemów kierowania ogniem wozów bojowych wyspecyfikowano ok 50 parametrów podlegających weryfikacji. Ogólnie obszary testów przedstawiono w „*Test Operations Procedure (TOP) 3-2-836 (0) Combat Vehicle Fire Control Systems – Overview*”. Zestaw procedur badawczych pojazdów bojowych został podzielony na dwie podgrupy: testy na poziomie komponentów i systemu. Te podzbiory zostały do-

Scattering of projectiles is determined in order to calculate the probability of hitting the target, but it may be also used to identify some characteristics of combat vehicle subunits, when the experiment is suitably planned and results of firing are skilfully interpreted. Scattering is a physical effect which cannot be eliminated and which is a measure of gun quality, including the used ammunition, weapon stabilisation system, and operator’s training. These components decide about the “concentration” of hitting points around the AHP.

The scattering is characterised by two parameters of standard deviations in vertical and horizontal planes in reference to the average hitting point.

Having the above firing parameters determined – the average hitting point (centre of scattering field) and area of scattering (determined by standard deviations) – the probability of hitting is calculated as the ratio of the scattering area surface covering the target to the overall surface of scattering area.

3.3. Normalisation Documents

Presently, the Polish Armed Forces does not use any normative documents which could be applied to unify the conditions and procedures of tests for the combat vehicles FCSs. Armies of the US and also NATO countries have already managed in the 90-ties to develop general requirements for test procedures¹⁰.

About 50 parameters subjected to verification have been specified for combat vehicles fire control systems. General scope of tests is presented in „*Test Operations Procedure (TOP) 3-2-836 (0) Combat Vehicle Fire Control Systems – Overview*”. The scope of combat vehicles testing procedures was divided on two subgroups: tests for components and for the system. These subgroups were

⁹ Test Operations Procedure (TOP) oraz w przypadku implementacji przez kraje członkowskie NATO International Test Operations Procedure (ITOP)

¹⁰ Test Operations Procedure (TOP) and in the case of implementation by NATO member states, International Test Operations Procedure (ITOP)

datkowo podzielone na mniejsze grupy testów. Schemat blokowy przedstawiono w załączniku A przedmiotowego dokumentu, który pokazuje organizację i relacje rodziny procedur testowania systemu kierowania ogniem wozu pojazdu bojowego.

Poniżej zestawiono przykładowe tytuły istniejących dokumentów standaryzacyjnych odnoszących się do weryfikacji parametrów SKO:

- *“ITOP 3-2-836(2.1.2) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS - GUN/SIGHT SYNCHRONIZATION”*
- *“ITOP 3-2-836(2.2.1) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS STABILIZATION ACCURACY”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.2.2) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS (DRIFT)”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.2.3) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS –COINCIDENCE”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.3.1) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL WEAPON SYSTEM RESPONSE TO CONTROL HANDLE COMMANDS”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.3.2) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS -FREQUENCY RESPONSE OF SERVO SYSTEMS”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.3.3) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS TRANSIENT RESPONSE TO STEP COMMANDS”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.4.1) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS COMPUTERIZED CORRECTIONS”*;

Aktualnie procedury ITOP, wprowadzone do armii amerykańskiej, implementowały Niemcy, Francja oraz Anglia.

4. Podsumowanie

Rozwój nowych technologii w zakresie przetwarzania danych jest bezpośrednio implementowany w rozwój techniki wojsko-

additionally divided into smaller groups of tests. A block schematic is presented in Annex A to the subject matter document showing organisation and relations for the family of testing procedures for combat vehicles fire control systems.

Some examples of existing standardisation documents dealing with verification of FCS parameters are listed below:

- *“ITOP 3-2-836(2.1.2) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS - GUN/SIGHT SYNCHRONIZATION”*
- *“ITOP 3-2-836(2.2.1) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS STABILIZATION ACCURACY”*
- *“ITOP 3-2-836(2.2.2) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS (DRIFT)”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.2.3) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS –COINCIDENCE”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.3.1) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL WEAPON SYSTEM RESPONSE TO CONTROL HANDLE COMMANDS”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.3.2) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS -FREQUENCY RESPONSE OF SERVO SYSTEMS”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.3.3) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS TRANSIENT RESPONSE TO STEP COMMANDS”*;
- *“ITOP 3-2-836(2.4.1) MAIN BATTLE-TANK FIRE CONTROL SYSTEMS COMPUTERIZED CORRECTIONS”*;

The ITOP procedures implemented to the US army are introduced now by Germany, French and UK.

4. Summary

Development of new data processing technologies is directly implemented into the advancement of military technology.

wej. Przykładem są systemy kierowania ogniem, które obecnie stają jednym z elementów do pozyskiwania danych z pola walki i ich wymiany z innymi pojazdami zagrożen (sprzęgnięcie z systemem BMS – systemem zarządzania polem walki).

Drugim istotnym obszarem jest tworzenie nowych algorytmów procesorów graficznych umożliwiających automatyczne śledzenie celów. Stanowi to podstawę do opracowania tzw. „stabilizacji na punkt” oraz jeden krok do bezzałogowych „inteligentnych” środków ogniowych – wybór celu na podstawie jego sygnatury.

Prowadzone prace nad pozyskaniem nowego systemu kierowania ogniem dla wieży bezzałogowej powodują, że potencjał krajowy śledzi rozwój nowych technologii – tym bardziej, że system powstaje w oparciu o wyprodukowane w kraju głowice obserwacyjno-celownicze.

Rozpatrując proces weryfikacji charakterystyk SKO, w tym możliwość porównania różnych konstrukcji, w dalszym ciągu podstawowymi parametrami są prawdopodobieństwo trafienia oraz czasy do oddania pierwszego strzału. Uwzględniając sprzęgnięcie SKO z systemem BMS istotna staje się możliwość prowadzenia obserwacji z wykorzystaniem przyrządów celowniczych i ich zasięgi identyfikacji celów. Nie mniej jednak, uwzględniając złożoność SKO, celowym wydaje się wprowadzenie znormalizowanych metod oceny podstawowych charakterystyk systemów oraz elementów kompletujących. Pozwoli to zapewnić powtarzalność badań i tym samym możliwość porównywania wyników, co jest istotne w przypadku nadzoru nad produkcją. Zasadnym jest zatem podjęcie prac nad ewentualną implementacją gotowych procedur (ITOP-s).

Artykuł jest wynikiem trzydziestoletnich doświadczeń autora nabytych podczas prowadzonych badań systemów kierowania w Wojskowym Instytucie Techniki Pancernej i Samochodowej oraz pracy w Biurze Pełnomocnika MON ds. KTO i PPK i Inspektoracie Uzbrojenia.

Fire control systems are one of such examples as they have been becoming now one of components of battlefield data acquisition and inter-vehicular exchange systems (coupled with BMS – battlefield management system).

Elaboration of new algorithms for graphical processors designed for automatic tracking of targets is the second essential area. It creates a basis for development of so called “stabilisation against the point” and one step forward to unmanned “intelligent” fire assets – selection of target on the basis of its signature.

The work conducted on supplying a new fire control system for the unmanned turret makes the country specialists follow the development of new technologies, what is especially important as the system is created on the basis of observation-sighting heads developed in the country.

Considering the verification process for FCS characteristics, including a comparison of different designs, the probability of hitting and time for delivering the first shot still remain the basic parameters. Regarding the coupling between the FCS and BMS, an essential question appears for observation with the use of sighting devices and for their ranges of target identification. Nevertheless, considering the complexity of FCS, it seems to be reasonable to implement some standardised methods evaluating the basic characteristics of the systems and added-on components. It could secure the repeatability of tests and for the same the comparison of results what is essential when a monitoring of production process is involved. Then, it seems to be a reasonable step to launch a project on possible implementation of existing procedures (ITOP-s).

The paper is an effect of a three-decade author's experience on testing control systems when working with the Military Institute of Armour and Vehicle Technology, and with the Office of MoD Commissioner for KTO and PPK, and with the Inspectorate of Armament.

Literatura / Literature

- [1] Aussillou M. Ocena celności dział czołgów NATO”, *Materiały sympozjum na temat: "Badania pojazdów wojskowych"*, WITPiS, Sulejówek 1997.
- [2] Piróg Jan, Hawrot Kazimierz, „Metodyka badań SKO uwzględniających kryteria oceny wg standardów NATO”; *Sprawozdanie WITPiS Nr 137/ZPG/98*
- [3] Kozłowski Grzegorz „Związki między parametrami regulacyjnymi stabilizatora uzbrojenia czołgu a prawdopodobieństwem trafienia w cel” *Rozprawa doktorska Sulejówek 2001.*
- [4] Kozłowski Grzegorz , ”Analiza stanu techniki dziennych i nocnych przyrządów obserwacyjnych i celowniczych czołgów i wozów bojowych”; *Sprawozdanie WITPiS Nr 82/ZPG/2006.*
- [5] Test Operations Procedure (TOP) 3-2-836 (0) Combat Vehicle Fire Control Systems – Overview.
- [6] Kołowy transporter opancerzony 8x8 Rosomak. Instrukcja eksploatacji. Opis i użytkowanie wieża HITFIST 30 mm IEW-001.KTO/2009.
- [7] TDv 2350/033-10 – dokumentacja eksploatacyjna czołgu Leopard 2A4.

