



## WPLYW CZYNNIKA LUDZKIEGO NA SKUTECZNOŚĆ BOJOWĄ STRZELANIA Z BRONI STRZELECKIEJ ZA POMOCĄ CELOWNIKA TELESKOPOWEGO

### *INFLUENCE OF HUMAN FACTOR ON COMBAT EFFECTIVENESS OF SMALL ARMS FIRING OPERATIONS WITH OPTICAL SIGHT*

Volodymyr SENATOROV, Mykola BILOKUR, Oleg BILOBORODOV, Olexander MELNYK  
Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine

*Author's e-mail address: senatorov1945@i.ua*

DOI 10.5604/01.3001.0014.2711

**Streszczenie:** Autorzy rozpatrują strukturę zadania bojowego jako logiczny łańcuch przedmiotowych modeli zaangażowanych w jego realizację: strzelec trzymający w rękach broń małokalibrową skierowaną na cel, z celownikiem oraz czynnikiem niszczącym (amunicją). W takim przypadku strzelec ma wizualny kontakt z celem przez celownik optyczny i przestrzeń powietrzną. Jak widać, kluczową rolę w tym łańcuchu odgrywa strzelec. Celem artykułu jest ocena wpływu czynnika ludzkiego na skuteczność bojową w łańcuchu misji bojowej z punktu widzenia podstawowej teorii. W artykule jest rozpatrzony pewien zamknięty cykl wykonania misji bojowej za pomocą broni strzeleckiej z celownikiem optycznym. Prawdopodobieństwo wykonania misji bojowej jest oceniane biorąc pod uwagę poprawność przygotowania danych strzelania, wykrywania, rozpoznawania i identyfikacji celu, poprawnego celowania i trafienia podczas strzelania.

**Słowa kluczowe:** zadanie bojowe, wykrywanie, rozpoznawanie, identyfikacja, celowanie, strzelanie

### 1. Wstęp

Współczesna sztuka wojenna definiuje termin „skuteczności bojowej” jako rezultat

**Abstract:** Authors are considering the combat task structure as a logical chain of the object models participating in its execution: shooter with small arms with optical sight in his hands, explosive items (ammunition) which are directed to target. Shooter through optical sight and air environment is contacting visually with a target. As we can see, the key role in this chain belongs to the shooter. Paper purpose is to assess influence of human factor to combat effectiveness in the chain of combat task execution from a view point of fundamental theory. A closed cycle of combat task execution using small arms with optical sight is considered in the paper. Probability of combat task execution is assessed taking into consideration the reliability of shooting data preparation, target detection, recognition and identification, correct aiming and impact at shooting.

**Keywords:** combat task, detection, recognition, identification, aiming, shooting

### 1. Introduction

The modern military science determines a term “combat effectiveness” as a result of

oceny wykonania zadania bojowego (ogniowego) przez pewną strukturę wojskową (siły) i sprzęt wojskowy. Prawdopodobieństwo realizacji zadania bojowego (ZB) jest miarą skuteczności bojowej (Military..., 2001).

Przyjmuje się, że zwiększenie skuteczności bojowej osiąga się poprzez prawidłowe przygotowanie broni i czynnika niszczącego do prowadzenia ognia, precyzyjne wyzerowanie urządzeń celowniczych, ustawienie broni do gotowości bojowej, dobór naboju z odpowiednim pociskiem, kształt i ciężar pocisku oraz sprawne wykonanie czynności ogniowych i metod celowania.

Rozpatrzmy pewien zamknięty schemat realizacji zadania bojowego (ZB) (rys.1). Struktura ZB jest przedstawiona tutaj jako logiczny łańcuch przedmiotowych modeli uczestniczących w jego realizacji: strzelca trzymającego karabin, wycelowany na cel i wyposażony w celownik optyczny (CO) oraz czynniki niszczące. Strzelec utrzymuje kontakt wizualny z celem poprzez CO oraz otaczającą przestrzeń. Jak widzimy, strzelcowi przypada kluczowa rola w tym schemacie.

Celem artykułu jest uwzględnienie wpływu czynnika ludzkiego na skuteczność bojową w schemacie ZB z punktu widzenia podstawowej klasycznej teorii.

## 2. Analiza teoretyczna

Specyfika realizacji ZB z zastosowaniem CO jest następująca: wyszukiwanie i celowanie do celu jest prowadzone przy powiększeniu  $M \geq 1$ . Rozwiązanie ZB zawiera następujące działania – poszukiwanie celu, jego rozpoznanie, identyfikację, określenie korekt ogniowych, celowanie i oddanie strzału (Shober, 1998). Zatem, przyjmuje się na podstawie doświadczenia, że katalog celów jest dobrze znany strzelcowi. Przestrzenna nieokreśloność poszukiwanego obiektu jest charakterystyczną cechą dla poszukiwania celu, a końcowym zadaniem jest detekcja tego celu, kiedy występu-

assessment of combat (fire) tasks execution by some structure of troops (forces) and military equipment. Probability of combat task (CT) execution is a measure for combat effectiveness (Military..., 2001).

As a rule, increasing of combat effectiveness is achieved by a correct preparation of weapon and explosive items to firing operations, precise zeroing-in of sighting devices and rendering of weapon to normal battling, selection of cartridges with suitable bullets, bullet shape and weight, skill application of firing operations and execution of aiming methods.

Let's consider whole closed cycle of CT execution with the use of small arms (Figure 1). CT structure is presented there as a logical chain of the object models participating in its execution: shooter with small arms with optical sight (OS) in his hands, explosive items in air environment which are directed to target. Shooter through OS and air environment is contacting visually with target. As we have seen, the key role in that contour belongs to shooter.

Paper purpose is to take into account the influence of human factor to combat effectiveness in contour of CT from view point of fundamental iconic theory.

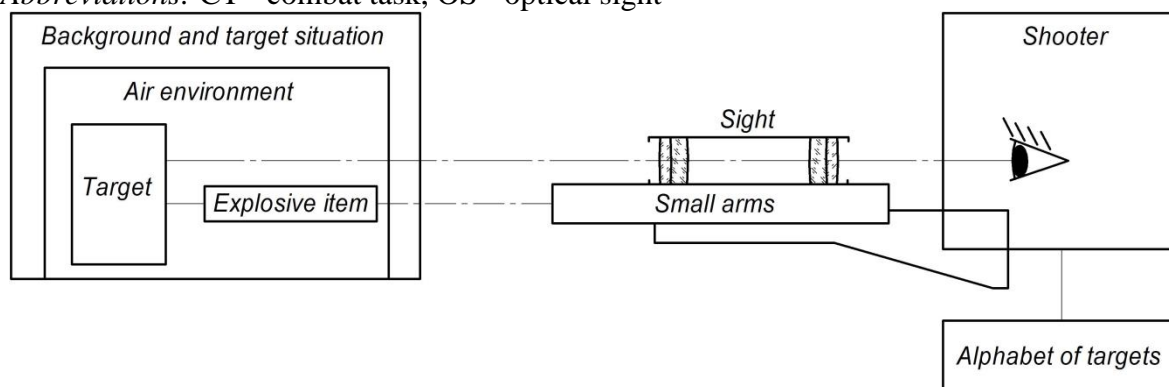
## 2. Theoretical Research

Specificity of CT execution with application of OS is following: a target search and sighting is carried out at magnification  $M \geq 1$ . And CT solution includes following actions – target search, its recognition, identification, determination of fire corrections, aiming and firing (Shober, 1998). Therein, it is accepted a posteriori, that alphabet of targets is well known for a shooter. Spatial uncertainty of object under searching is a specific attribute for target searching and final tasks are the target detection, when it is alone

je on pojedynczo (występuje brak katalogu celów w tym przypadku, a strzelec ma przed sobą opcje: „cel jest/ brak celu”), oraz następnie jego rozpoznanie (katalog jest dobrze znany w tym przypadku) (Kushpil, Veselova, 1984; Travnokova, 1985), a alternatywy polegają na przyjęciu rozwiązania: „który to cel z katalogu”). Przestrzenna nieokreśloność względnego położenia osi przewodu lufy i celu mogą być zasadniczym czynnikiem podczas celowania, a końcowe zadanie polega na zgraniu siatki celownika z wyliczonym punktem w obszarze celu.

(target alphabet is absent in that case and shooter stays prior to option: “target is/target absent”), and its further recognition (alphabet is well known is that case [3, 4] and alternatives come to accept a solution: “what alphabet target it is”). Spatial uncertainty of relative position of weapon barrel channel axis and target may be the main attribute for aiming and the final task is to coincide the sight reticle with a calculated point in target area.

Abbreviations: CT - combat task, OS - optical sight



Rys. 1. Cykl realizacji ZB

Figure 1. Contour of CT execution

Abbreviations: CT- combat task, OS – optical sight / skróty: ZB – zadanie bojowe, CO – celownik optyczny

Background and target situation / tło i sytuacja celu

Air environment / przestrzeń powietrzna

Target / cel

Explosive item / czynnik niszczący (amunicja)

Sight / celownik

Small arms / karabin

Shooter / strzelec

Alphabet of targets / katalog celów

Błędy podczas przygotowania danych celowniczych (błędy określenia korekt meteorologicznych, balistyki strzelania i odległości do celu), błędy celowania (błędy zgrania siatki celownika z wyznaczonym punktem w obszarze celu), a także błędy ogniowe (błędy dotyczące broni/ celownika i produkcji czynnika niszczącego prowadzących do dyspersji czynników

Errors of aiming data preparation (errors in determination of corrections on meteorological, ballistics of firing and distance to target), errors of aiming (errors of coinciding of sight reticle with calculated point in target area) and firing errors (errors concerning weapon/ sight and explosive items production, which lead to ex-

niszczących) należą do głównych parametrów zmniejszających skuteczność bojową. Wszystkie te parametry mają charakter przypadkowy i dlatego nie mogą one być uwzględnione i skompensowane.

Odchylenie warunków strzelania od standardowych prowadzi do odchylenia średniego punktu trafienia od punktu celowania. Z kolei te odchylenia są systematyczne i mogą być uwzględnione przy opracowaniu wstępnych danych do strzelania. Odchylenie ciśnienia atmosferycznego (barometrycznego) od 29,92 cali Hg, odchylenie temperatury od 15°C, odchylenie względnej wilgotności od 50% oraz obecność wiatru odnoszą się do rozbieżności meteorologicznych. Odchylenia wagi i kształtu czynników niszczących, ich prędkości początkowej oraz kąta podrzutu pionowego, odchylenie temperatury od 15°C, dewiacja siatki celownika od położenia, jakie jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania broni oraz przewyższenie lub obniżenie położenia celu względem osi broni odnoszą się do rozbieżności balistycznych.

Jednocześnie, błędy przygotowania ogniowego mogą być zredukowane przez zastosowanie sprzętu pomiarowego (Kuchinsky, Kuchinskaya, 2019). W pewnym stopniu, zastosowanie precyzyjnych urządzeń określających poprawki dla odległości do celu (dalmierz laserowy zamiast dalmierzy opartych na siatkach celowników z przesuniętą bazą) oraz prędkości wiatru bocznego pozwala na zapewnienie odległości skutecznego strzelania z broni małokalibrowej na poziomie określonym w wymaganiach taktyczno-technicznych. Kontrola siatki celownika względem powierzchni bazowych na etapie produkcji pozwala na zwiększenie niezawodności CO podczas pracy przy długookresowych obciążeniach (Melnik, Senatorov, 2019).

Błędy celowania, pomimo tego, że mają charakter stochastyczny, mogą być znacznie ograniczone poprzez systematyczne szkolenie na specjalnych stanowiskach z elektronicznym

plosive items dispersion) are the main factors decreasing the combat effectiveness. All these factors are random, therefore they cannot be taken into account and compensated.

Deflection of firing conditions from normal ones leads to deviation of average impact point from the aiming point. But these deviations are systematic and may be taken into account at initial data preparation for firing. Deviation of atmospheric (barometric) pressure from 29.92 inch Hg, temperature deviation from 15°C, deviation of relative humidity from 50% and wind presence relate to meteorological divergences. Deviation of weight and shape of explosive items, their initial velocity and angle of vertical jump, deviation of temperature from 15°C, deviation of sight reticle from position which is necessary for normal weapon operation and exceeding or lowering the target position in relation to weapon axis relate to ballistic divergences.

At the same time, the firing preparation errors may be decreased by application of measurement equipment (Kuchinsky, Kuchinskaya, 2019). Partially, application of precise devices determining the corrections on distance to target (laser range finders instead of the reticles of sight out-base range finders) and side wind velocity permits to ensure a distance of effective firing with small arms on the level which is determined in tactical and technical specifications. Control of sight reticle relatively to base surfaces in production stage will increase OS reliability at operation at long-term dynamical loads (Melnik, Senatorov, 2019).

Aiming errors, although they have a random character, may be decreased sufficiently at systematic training on special stand with electronic training target (Senatorov, Melnik, Gurnovych, 2019) and can't

celem treningowym (Senatorov, Melnik, Gurnovych, 2019) i mogą nie przekraczać wartości  $(0.16 \pm 0.08)$  Magnification [mrad] zgodnie z kryterium Shtampfer'a (Ananiev, 1947).

Jest oczywiste, że realizacja ZB oraz jego poszczególnych elementów ma charakter stochastyczny. Wówczas, zakładając niezależność kolejnych działań dla jego rozwiązania, całkowite prawdopodobieństwo  $P_{CT}$  realizacji ZB może być wyrażone jako iloczyn elementów jego realizacji: prawidłowego opracowania danych ogniowych  $P_{fd}$ , detekcji  $P_1$ , rozpoznania i identyfikacji  $P_2$ , poprawnego celowania  $P_a$ , oraz trafienia podczas strzelania  $P_f$ :

$$P_{CT} = P_{fd} P_1 P_2 P_a P_f \quad (1)$$

Działanie strzelca podczas realizacji ZB zawiera dwa ważne składniki: wizualno-psychologiczny i motoryczno-refleksyjny. Taki strzelec, posiadający broń z celownikiem, obserwuje zewnętrzne otoczenie i poszukuje celu. Ręce strzelca kierują broń zarówno w procesie poszukiwania i detekcji celu oraz celowania. Takie aspekty działania powinny być uwzględnione podczas określania odpowiednich wyrażen dla obliczenia  $P_1$  i  $P_a$ .

Celownik optyczny (CO) uczestniczy w realizacji wszystkich elementów ZB. Dlatego jego parametry powinny być uwzględnione podczas określania wszystkich mnożników w wyrażeniu (1).

Rodzaj celu stanowi ważny aspekt tła i sytuacji celu – broń, czynniki niszczące i metoda celowania są zależne od tego. Parametry  $P_1$  i  $P_2$  zależą od jego rozmiaru i prędkości poruszania.

Jeśli uwzględnimy nasze argumenty dla zastosowania precyzyjnego sprzętu pomiarowego, kontroli celownika podczas etapu produkcji oraz systematycznego szkolenia strzelca,

exceed value  $(0.16 \pm 0.08)$  Magnification [mrad] in accordance with Shtampfer criteria (Ananiev, 1947).

Evidently, execution of CT and its separate elements have a probabilistic character. Then, permitting independence of sequential actions for its solution, the whole probability  $P_{CT}$  of CT execution may be expressed as a product of its execution elements: reliable preparation of firing data  $P_{fd}$ , detection  $P_1$ , recognition and identification  $P_2$ , correct aiming  $P_a$  and impact at firing  $P_f$ :

Shooter activity at CT execution has two important components: visual-psychological and motor-reflexory. The shooter, acting with the sight installed on weapon, observes the external environment and seeks a target. Shooter's hands are directing weapon in both processes of seeking and detecting a target, and aiming. These aspects of the action should be considered at determination of the relevant expressions for  $P_1$  and  $P_a$  calculation.

OS participates in carrying out all elements of CT. Therefore, its performance should be taken in consideration at determining all multipliers of (1) expression.

The type of target is an important element of background and target situation – weapon, explosive items and aiming method are depending on it. Parameters  $P_1$  and  $P_2$  depend on its size and movement velocity.

If we take into account our arguments about application of precise measurement equipment, sight control during production stage and systematic training of shooter, then

wówczas  $P_{fd} \rightarrow 1$ ,  $P_a \rightarrow 1$ ,  $P_f \rightarrow 1$ , a wyrażenie (1) upraszcza się znacząco:

$$P_{CT} = P_1 P_2 \quad (2)$$

Jak wiadomo z podstaw teoretycznych, prawdopodobieństwo  $P_I$  detekcji niewielkiego nieruchomego celu (o rozmiarze kątowym 1...5 mrad) przez ludzki system wzrokowy zależy od energetycznych cech celu, otaczającego tła, rozmiarów przeszukiwanego obszaru i jest określone przez eksponentylną funkcję rozkładu czasu poszukiwania  $t$  (Petrova, 1984):

$$P_1(t) = 1 - \exp\left(\aleph \left(C/[1+q]\right)^2 (\alpha\Gamma)^3 (\tau_s \tau_{atm} B_b)^{0.3} t / (2\beta)^2\right) \quad (3)$$

gdzie:  $\aleph$  – współczynnik, który zależy od specyfiki ludzkiego systemu wzrokowego podczas poszukiwania celu,  $C$  – kontrast celu względem tła o jasności  $B_b$ ,  $\alpha$  – rozmiar kątowy celu, i  $\tau_{atm}$  – atmosferyczna transmisja światła, są to zatem parametry tła i sytuacji celu;  $\tau_s$  i  $q$  – odpowiednio transmisja i dyfuzja dla CO,  $M$  – powiększenie i  $2\beta$  – pole widzenia CO – główne parametry celownika.

Przeszukiwanie lornetowe jest prowadzone przy zastosowaniu celownika kolimatorowego oraz  $\aleph=16$ . Przeszukiwanie teleskopowe jest prowadzone przy celowniku teleskopowym z możliwością jego zobrazowaniu na wskaźniku zamontowanym na hełmie przy  $\aleph=12$  (Senatorov, Polezhaev, 1979):

Kontrast  $C$  jest określony przez znane wyrażenie  $C = B_t/B_b - 1$  (Petrova, 1984) gdzie  $B_t$  – jasność celu.

Rozmiar kątowy celu  $\alpha$  jest określony zależnością  $\alpha = 3440 H_{y(z)}/S$  (minuty kąto-

$P_{fd} \rightarrow 1$ ,  $P_a \rightarrow 1$ ,  $P_f \rightarrow 1$  and formula (1) simplifies sufficiently:

As it is well known from fundamental theory, probability  $P_I$  for detecting a small (with angle dimension 1...5 mrad) immobile target by a human visual system depends on target energetic features, surrounding background, dimensions of seeking area and is determined by exponential function of seeking time distribution  $t$  (Petrova, 1984):

where:  $\aleph$  – coefficient, which depends on peculiarities of human visual system at target seeking,  $C$  – target contrast on background with brightness  $B_b$ ,  $\alpha$  – target angle dimension and  $\tau_{atm}$  – atmospheric light transmission, i.e. there are parameters of background and target situation;  $\tau_s$  and  $q$  – OS light transmission and light diffusion accordingly,  $M$  – magnification and  $2\beta$  – OS view field – basic sight performance.

A binocular seeking is carried out at application of a collimator sight and  $\aleph=16$ . A monocular seeking is carried out at application of telescopic sight and a further imaging on a helmet mounted indicator and  $\aleph=12$  (Senatorov, Polezhaev, 1979):

Contrast  $C$  is determined by known formula  $C = B_t/B_b - 1$  (Petrova, 1984) where  $B_t$  – the target brightness.

Target angle dimension  $\alpha$  is determined by dependence  $\alpha = 3440 H_{y(z)}/S$  (angle min), where  $H_{y(z)}$  – target critical dimension and  $S$  – distance to target. Note: max-

we), gdzie  $H_{y(z)}$  – krytyczny rozmiar celu i  $S$  – odległość do celu. Uwaga: maksymalna odległość do sił nieprzyjaciela na polu walki nie przekracza 600 m (Gurnovych, 2001). Zatem, atmosferyczna transmisja światła na tym dystansie może być pominięta:  $\tau_{atm} = 1$ .

Główne charakterystyki CO są wymienione w jego certyfikacie. Należy zauważyć, że CO o wojskowym przeznaczeniu spełniają wysokie wymagania dla transmisji i dyfuzji światła i dlatego współczynnik  $q$  w wyrażeniu (3) jest równy 0, a  $\tau_s$  jest równy 1 dla celowników teleskopowych i 0,5 dla kolimatorów. Współczynnik  $M$  w wyrażeniu (5) powinien być równy 1 i  $2\beta$  powinno być równe horyzontalnemu składnikowi czystego pola widzenia oka ludzkiego ( $30^\circ$ ) dla celownika kolimatorowego (Luizov, 1983).

Wzór (3) można wówczas uprościć:

- dla celownika kolimatorowego:

$$P_1^C = 0.0144C^2\alpha^3B_b^{0.3}t \quad (4)$$

- dla celowników teleskopowych i TV:

$$P_1^T = 2.43(C/\beta)^2(\alpha M)^3B_b^{0.3}t \quad (5)$$

Analiza nowoczesnych celowników teleskopowych (Senatorov, 2005) uzasadnia kolejne stwierdzenia. Średnie wartości pola widzenia wynoszą  $6,6^\circ$  i powiększenia - 4,7 razy. Podstawienie tych wartości do (5) pozwala obliczyć średnią wartość prawdopodobieństwa

$$P_{1aver}^T = 23.167C^2\alpha^3B_b^{0.3}t.$$

Wynika z tego dobrze znany fakt: celownik teleskopowy pozwala na detekcję danego celu dla większej odległości z większym prawdopodobieństwem niż kolimator.

Współczesne podejścia do rozpoznania i identyfikacji celów są oparte na modelach obserwatora. W naszej opinii, dla ZB z ograniczonym katalogiem celów, najbardziej od-

imal distance to enemy forces in the battlefield does not exceed 600 m (Gurnovych, 2001). So we can ignore the atmospheric light transmission for that distance:  $\tau_{atm} = 1$ .

The main OS characteristics are mentioned in its Certificate. It has to be noted that the OS of military destination meet the high requirements for light transmission and light diffusion and therefore coefficient  $q$  in formula (3) is equal 0, and  $\tau_s$  is equal 1 for telescopic sights and 0.5 for collimators. Coefficient  $M$  in formula (5) should be equal 1 and  $2\beta$  should be equal to a horizontal component of clear view zone of human eye ( $30^\circ$ ) for collimator sight (Luizov, 1983).

Formula (3) may be simplified then:

- for collimator sight:

- for telescopic and TV sights:

An analysis of modern telescopic sights (Senatorov, 2005) testifies the following. The average values for field of view are  $6.6^\circ$  and magnification – 4.7x. Substitution of these values in (5) permits to calculate an average value of probability

$$P_{1aver}^T = 23.167C^2\alpha^3B_b^{0.3}t.$$

A well known fact comes from it: the telescopic sight permits detection of a target at a larger distance with more probability than a collimator.

The modern approaches for recognition and identification of targets are based on models of an observer. In our opinion, for CT, when target alphabet is limited, the

powiedni model jest oparty na założeniu, że ludzki system „oko-umysł” pracuje podczas klasyfikacji celów, jako pewien optymalny dwuwymiarowy filtr. Częstotliwościowe zachowanie takiego filtru jest opisane równaniem (Berezin, Trifinov, Romanov, 1984):

$$F_{ik}(\omega_y, \omega_z) = \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [B_i(y, z) - B_k(y, z)] \exp[-j(\omega_y y + \omega_z z)] dy dz \right\}^* \quad (6)$$

gdzie: \* – znak funkcji zespolonej,  $B_{i(k)}(y, z)$  – zobrazowania interferometryczne dla obiektów  $i, k$ , które są poddane pewnym odkształceniom deformującym prezentowany obraz,  $\omega_y, \omega_z$  – częstotliwości przestrzenne w obszarze obrazów. Jak wiadomo, taki filtr jest skorelowany z oczekiwanym sygnałem wejściowym i jest on optymalny dla specyficznego przypadku białego szumu gaussowskiego. Zgodnie z teorią (Krasilnikov, 1976), drugi składnik sumy w wyrażeniu (6) opisuje urządzenie progowe pracujące na podstawie minimalizacji średniego ryzyka, zatem  $B_k(y, z)$  może być przyjęte jako równe zero. Wówczas wyrażenie (6) przyjmuje postać:

$$F_i(\omega_y, \omega_z) = \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} B_i(y, z) \exp[-j(\omega_y y + \omega_z z)] dy dz \right\}^*$$

Ponieważ w tym przypadku występuje szum gaussowski, dlatego prawdopodobieństwo rozpoznania i identyfikacji celu  $P_2$  jest opisane znanym wyrażeniem:

$$P_2 = 0.5 \left( 1 + F \left[ \frac{(s/n)_i}{2} \right] \right) \quad (7)$$

W konsekwencji,  $F(x_0)$  jest całką prawdopodobieństwa gaussowskiego w postaci:

$$F(x_0) = \left( \sqrt{2\pi} \right)^{-0.5} \int_0^{x_0} \exp(-0.5x^2) dx,$$

most suitable model is based in assumption that a human system “eye-brain” works as an optimal bi-dimensional filter during target classification. The frequency behavior of that filter is described by equation (Berezin, Trifinov, Romanov, 1984):

where: \* – sign of complex conjunction,  $B_{i(k)}(y, z)$  – etalon images of  $i, k$  object, which are subjected to certain misrepresentation, which distort the presented image,  $\omega_y, \omega_z$  – spatial frequencies in area of images. As it is known, such filter is correlated with predicted input signal and it is optimal in specific case of white Gauss’s noise. In accordance with theory (Krasilnikov, 1976), the second summand in formula (6) describes a threshold device working on base of minimum of average risk, i.e.  $B_k(y, z)$  may be accepted by zero. Then formula (6) has a view:

Because there is the Gaussian noise in this case, then the target recognition and identification probability  $P_2$  is described by known formula:

There in further in text  $F(x_0)$  is integral of Gauss’s probability, which has view:



i  $(s/n)_i$  – stosunek sygnał/szum na wyjściu filtra skorelowanego określony przez wyrażenie:

$$(s/n)_i = \left( \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |F_i(\omega_y, \omega_z)| d\omega_y d\omega_z \right) / \left( \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |F_i(\omega_y, \omega_z)|^2 N(\omega_y, \omega_z) d\omega_y d\omega_z \right)^{0.5}$$

gdzie  $N(\omega_y, \omega_z)$  – gęstość widmowa mocy szumów.

Podstawienie tych wartości obliczonych na podstawie wyrażen (4) lub (5) i (7) do wyrażenia (2) będzie określać prawdopodobieństwo wykonania ZB z uwzględnieniem czynnika ludzkiego.

## **Wnioski**

Prawdopodobieństwo wykonania zadania bojowego zależy nie tylko od technicznych parametrów broni i czynnika niszczącego, oraz sytuacji tła i celu, ale również od czynnika ludzkiego.

Zalecane jest wykorzystanie stacji meteorologicznej i precyzyjnego sprzętu do pomiaru odległości w celu ograniczenia błędów strzelca.

Błędy strzelca podczas celowania mogą być znacząco zredukowane przez systematyczne treningi na specjalnym stanowisku z elektronicznym celem treningowym.

Do poszukiwania celu na znacznych odległościach należy stosować celownik teleskopowy, aby zredukować czas.

Prawdopodobieństwo rozpoznania i identyfikacji może być zwiększone, jeśli prowadzone są systematyczne szkolenia na specjalnym stanowisku z symulacją różnej sytuacji tła i celu.

## **Literatura / Literature**

Ananiev, I.N. (1947). *Bases of sights arrangement*. Moscow: Military publisher of the Armed Forces of USSR.

Berezin, N.P., Trifinov, M.I., Romanov, S.S. (1984). Formalized models of visual detection. *Proceedings of State Optical Institute by Vavilov SI*, vol. 57, 17-29. Leningrad.

and  $(s/n)_i$  – signal/noise relation on exit of correlated filter determined by formula:

where  $N(\omega_y, \omega_z)$  – spectral density of noise power.

Substitution of the values calculated by formulas (4) or (5) and (7) into formula (2) will determine a probability of CT execution at taking into account the human factor.

## **Conclusions**

Probability of combat task execution depends not only on weapon and explosive items technical features, and background and target situation, but also on human factor.

It is reasonable to use the precise equipment for measurement of distance and meteorological station for decreasing the shooter's errors.

Shooter's errors at aiming may be decreased sufficiently, if there are systematic trainings on specialized stand with electronic training target.

Telescopic sight should be used for target seeking on big distance to cut time.

Probability of recognition and identification may be increased, if there are systematic trainings on special stand with simulation of different background and target situation.

- Gurnovych, A.V. (2001). Distance of firing from small arms on modern battle field. *Journal Artillery and small arms armament*, Iss. 3, 30-33. Kyiv: NTTs ASV.
- Krasilnikov, N.N. (1976). *Statistic theory on information transfer*. Moscow: Svjaz.
- Kuchinskyy, A.V., Kuchinskaya, O.B. (2019). Research methodical bases on influence of errors on preparation to shooting from small arms. *Proceedings of the VIII all-Ukrainian scientific and practical conference „Actual issues on ensuring of service-battle activity of military formations and enforcement authorities”*, p. 179-180. Kharkiv: National Academy of National Guard of Ukraine.
- Kushpil, V.I., Veselova, E.K. (1984). Classification of visual surveillance tasks. In: *Proceedings of State Optical Institute by Vavilov SI. Vol. 57*. Leningrad, 10-17.
- Luizov, A.V. (1983). *Eye and light*. Leningrad: Energoatomizdat.
- Melnik, O.D., Senatorov, V.M. (2019). Optical and electronic complexes for control of optical sights viewing line position. *Proceedings of the VII International scientific and practical conference „Coordination issues of military-technical and defense-industrial policy in Ukraine. Development prospects of armament and military equipment”*. Kyiv.
- Military encyclopedic dictionary. Vol. 1*. (2001). Moscow: RIPOL CLASSIC.
- Petrova, L.F. (1984). Visual searching models. *Proceedings of State Optical Institute by Vavilov SI. Vol. 57*, 37-55. Leningrad.
- Senatorov, V.N. (2005). *Upgrading of optical sights effectiveness for firearms*. Kyiv: NTUU «KPI».
- Senatorov, V.N., Melnik, A.D., Gurnovych, A.V. (2019). Control of sighting quality to training target. *Proceedings of the VIII all-Ukrainian scientific and practical conference „Actual issues on ensuring of service-battle activity of military formations and enforcement authorities”*, 126-128. Kharkiv: National Academy of National Guard of Ukraine.
- Senatorov, V.N., Polezhaev, V.V. (1979). Optimization of the mirrors light-transmitting index in meniscus collimator sight. *Journal Optical and Mechanical Industry*, № 8, 59-60.
- Shober, M. (1998). Shooting with optical sight. *Russian Journal “Rifle”*, № 5, 22-25.
- Travnokova, N.P. (1985). *Visual sweeping effectiveness*. Moscow: Mashinostrojenie.

