

# Pakiet modernizacyjny do 23-milimetrowej armaty przeciwlotniczej ZU-23-2

## Modernization package for 23 mm ZU-23-2 autocannon

KRZYSZTOF BIELAWSKI  
MIROSLAW CHMIELIŃSKI  
CEZARY LACHEWICZ  
ARKADIUSZ KRUPA  
SŁAWOMIR TAMBERG \*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2022.10.17>

Zakład Automatyki i Urządzeń Pomiarowych AREX sp. z o.o. z Gdyni działa na rynku od 1989 r., a od kilku lat wchodzi w skład Grupy WB (dalej: AREX) – największej prywatnej grupy kapitałowej polskiego przemysłu obronnego, oferującej zaawansowane rozwiązania dla sił zbrojnych z całego świata. AREX specjalizuje się w projektowaniu i produkcji pakietów modernizacyjnych do 23-milimetrowej armaty ZU-23-2. Celem modernizacji jest przede wszystkim poprawa skuteczności ognia armat poprzez unowocześnienie mechanizmów naprowadzania i przyrządów celowniczych. Jednym z priorytetów AREX jest też realizacja projektów od początku do końca – są to rozwiązania krajowe, z komponentami wytwarzanymi w Polsce, dzięki czemu zapewniona jest pełna kontrola nad nimi. AREX uczestniczy w licznych projektach poświęconych opracowaniu i modernizacji uzbrojenia dla Sił Zbrojnych RP w zakresie systemów sterowania napędami elektrycznymi. Współpracuje przy tym z czołowymi partnerami branżowymi i jest otwarta na udział w innowacyjnych projektach dotyczących opracowania i wdrożenia nowych produktów dla sektora obronnego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** armata przeciwlotnicza, modernizacja, mechanizmy naprowadzania

AREX Ltd. the WB Group from Gdynia, has been operating on the market since 1989, and for several years has been a part of the WB Group (hereinafter referred to as AREX Ltd.), which is the largest private capital group of the Polish defense industry, offering advanced solutions for the armed forces from around the world. AREX Ltd. specializes in the design and production of modernization packages for the 23 mm ZU-23-2 cannon. The aim of the modernization is primarily to improve the fire efficiency of the cannons by modernizing the guidance mechanisms and sights. One of the priorities of AREX Ltd. is also the implementation of projects from start to finish. They are domestic solutions, with components manufactured in Poland, thanks to which full control over the solutions created is ensured. AREX Ltd. participates in numerous projects aimed at the development and modernization of weapons for the Polish Armed Forces in the field of electric drive control systems. AREX Ltd. cooperates with leading partners from specialized industry and is open to participation in innovative projects related to the development and implementation of new products for the defense sector.

**KEYWORDS:** anti-aircraft gun, modernization, guidance mechanisms

### Wprowadzenie

Grupa WB jest jednym z największych polskich koncernów z branży zaawansowanych technologii, specjalizującym się w projektowaniu i produkcji rozwiązań dla sektora obronnego i cywilnego. Działając w obszarze elektroniki i informatyki wojskowej, wprowadziła Siły Zbrojne RP w XXI w., wyznaczając obowiązujące standardy w obszarach kluczowych dla bezpieczeństwa narodowego. Grupa WB jest liderem i największą prywatną grupą w przemyśle obronnym w Polsce oraz eksporterem technologii i koncepcji do kilkudziesięciu państw na świecie, w tym Stanów Zjednoczonych Ameryki. W swojej działalności kieruje się innowacyjnością i tworzeniem przełomowych rozwiązań. Filozofia biznesowa Grupy WB wyraża się w ofercie produktowej obejmującej rozwiązania unikatowe w skali świata, implementowane na najbardziej wymagających rynkach. Operowanie na całym świecie dało impuls do dalszego rozwoju Grupy WB.

Grupa WB jako spółka globalna ma biura i centra technologiczne w najbardziej rozwijających się regionach świata: od Azji przez Bliski Wschód po Stany Zjednoczone Ameryki. We wszystkich oddziałach Grupy WB pracuje ponad 1200 osób, z czego ponad połowę stanowią inżynierowie i pracownicy działów badawczo-rozwojowych [2]. Grupa WB nieustannie się doskonali, dbając o jak najlepsze realizowanie potrzeb użytkowników dostarczanych urządzeń.

Firma AREX została założona w 1989 r. i na początkowym etapie jej działalność wiązała się z produkcją przetworników pomiarowych do różnych wielkości fizycznych. Nastawienie na nowoczesne technologie przełożyło się na opracowanie rozwiązań przeznaczonych na potrzeby obronności kraju i rozwój firmy na rynku wyspecjalizowanym, a na dalszym etapie – wejście w skład Grupy WB, gdzie specjalizuje się w projektowaniu i produkcji technologii przeznaczonych zarówno dla podmiotów cywilnych, jak i wyspecjalizowanych. Ponad 30-letnie doświadczenie umożliwiło zbudowanie solidnej i rzetelnej marki. Kadra firmy jest

\* Krzysztof Bielawski – [krzysztof.bielawski@arex.pl](mailto:krzysztof.bielawski@arex.pl) – Zakład Automatyki i Urządzeń Pomiarowych AREX sp. z o.o.  
Mirosław Chmieliński – [miroslaw.chmielinski@arex.pl](mailto:miroslaw.chmielinski@arex.pl) – Zakład Automatyki i Urządzeń Pomiarowych AREX sp. z o.o.  
Cezary Lachewicz – [cezary.lachewicz@arex.pl](mailto:cezary.lachewicz@arex.pl) – Zakład Automatyki i Urządzeń Pomiarowych AREX sp. z o.o.  
Arkadiusz Krupa – [arkadiusz.krupa@arex.pl](mailto:arkadiusz.krupa@arex.pl) – Zakład Automatyki i Urządzeń Pomiarowych AREX sp. z o.o.  
Sławomir Tamberg – [slawomir.tamberg@arex.pl](mailto:slawomir.tamberg@arex.pl) – Zakład Automatyki i Urządzeń Pomiarowych AREX sp. z o.o.

złożona z inżynierów będących specjalistami w dziedzinie elektroniki, mechaniki, elektryki i informatyki, co pozwoliło na stworzenie innowacyjnych i zaawansowanych technicznie rozwiązań.

AREX wdrożyła wewnętrzny system kontroli, tj.:

- certyfikat zgodności funkcjonowania w zakresie obrotu z zagranicą towarami o znaczeniu strategicznym dla bezpieczeństwa państwa,
- certyfikat AQAP 2110:2016 dotyczący projektowania, produkcji, sprzedaży i serwisowania urządzeń i systemów elektroenergetycznych oraz sprzętu elektromechanicznego, w tym o przeznaczeniu wojskowym i policyjnym,
- normę ISO 9001:2015 odnoszącą się do projektowania, produkcji, sprzedaży i serwisowania urządzeń i systemów elektroenergetycznych oraz sprzętu elektromechanicznego, w tym o przeznaczeniu wojskowym i policyjnym [4].

AREX ma koncesję na działalność w zakresie obrotu rodzajami broni i amunicji oraz wytwarzanie wyrobów o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym i obrót nimi. Dbając o stały rozwój techniczny tworzonych produktów, a także poszukując nowych rozwiązań, współpracuje z czołowymi uczelniami technicznymi. Buduje swoją specjalizację w dziedzinie sterowania napędami elektrycznymi, sterowania uzbrojeniem oraz zestawów treningowych do różnego rodzaju uzbrojenia. Firma korzysta z wieloletniego doświadczenia w projektowaniu, produkcji, wdrażaniu, szkoleniach i obsłudze posprzedażowej w zakresie urządzeń i systemów automatyki przemysłowej, a także buduje zaangażowany zespół specjalistów gotowych do realizacji ambitnych wyzwań.

## Pakiet modernizacyjny ZU-23-2

23-milimetrowy przeciwlotniczy zestaw artyleryjski ZU-23-2 (rys. 1) z elektrycznymi układami napędowymi umożliwia zwalczanie celów po-

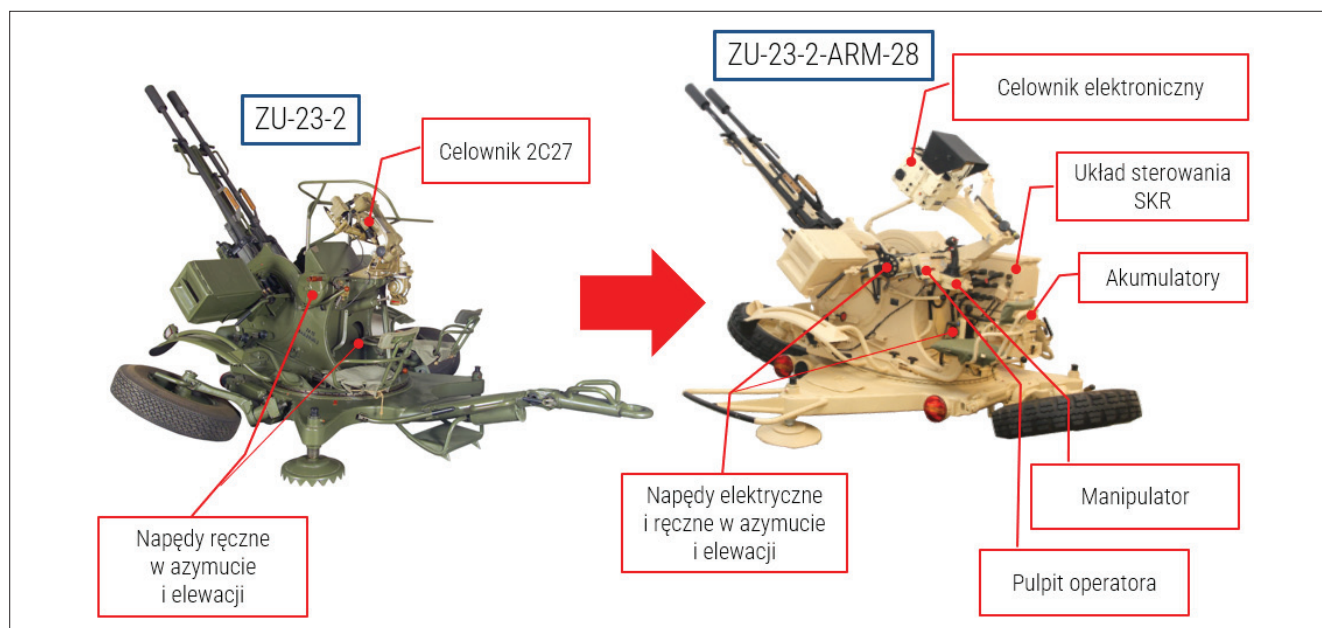
wietrznych, naziemnych i nawodnych poruszających się w dowolnej płaszczyźnie z użyciem celownika kolimatorowego CKE-1T. To propozycja AREX, która charakteryzuje się wysoką niezawodnością działania i dobrymi właściwościami taktyczno-technicznymi, które pozwalają na skuteczne rażenie nagle pojawiających się celów. Dla każdego zadania ogniowego celownik kolimatorowy CKE-1T automatycznie wypracowuje w trakcie śledzenia celu odpowiednie kąty wyprzedzenia oraz celownika.

Osprzęt elektromechaniczny zamontowany na przeciwlotniczym zestawie artyleryjskim ZU-23-2 spełnia następujące funkcje:

- kontroluje załączanie osprzętu wraz z pomiarem napięcia zasilania (bloku akumulatorów);
- kontroluje napęd w elewacji oraz w azymucie z wykorzystaniem silników elektrycznych zasilanych z bloku akumulatorów w zestawie, na zasadzie regulacji prędkościowej z wykorzystaniem manipulatora (joysticka);
- złącze obrotowe łączy część nieruchomą zestawu (platformę) z częścią obrotową (podstawą z łożem);
- zapewnia transmisję informacji pomiędzy zespołami oraz do celownika kolimatorowego stosownie do potrzeb;
- współpracuje z systemem kierowania ogniem.

Wszystkie podzespoły osprzętu mają postać odrębnych, wymiennych modułów. Zespół kontrolny na pulpicie celowniczego (operatora) ułatwia identyfikację uszkodzonych podzespołów. Dzięki zastosowaniu zintegrowanych złącz wymiana uszkodzonych modułów może być realizowana w warunkach polowych.

Mechanizm obrotu (rys. 2) służy do nadawania zespołowi obrotowemu wraz z łożem i kołyską z zamocowanymi na niej lufami odpowiedniego położenia w płaszczyźnie poziomej, czyli nadania zespołowi obrotowemu azymutu.



Rys. 1. 23-milimetrowy przeciwlotniczy zestaw artyleryjski ZU-23-2 – AREX

Fig. 1. 23-mm anti-aircraft artillery set ZU-23-2 – AREX Ltd.





Rys. 2. Mechanizm obrotu – zespół serwonapędu azymutu DES-44  
Fig. 2. Rotation mechanism – DES-44 azimuth servo drive assembly

Zespół serwonapędu azymutu DES-44 służy jako napęd mechanizmu obrotu zestawu i składa się z:

- bezszczotkowego silnika prądu stałego z zamontowanym hamulcem elektrycznym;
- zespołu elektroniki;
- czujnika indukcyjnego;
- czujnika krańcowego ręczny/automatyczny (R/A);
- osłony serwonapędu.

Praca automatyczna polega na odpracowaniu przez silnik parametrów zadanych z manipulatora MAN-06 lub zewnętrznych urządzeń (systemu kierowania ogniem) przy pracy zdalnej. Przełączanie napęd ręczny/napęd automatyczny następuje za pomocą dźwigni przełączającej.



Rys. 3. Mechanizm podniesieniowy – zespół serwonapędu DES-45  
Fig. 3. Lifting mechanism – DES-45 servo drive unit

Mechanizm podniesieniowy (rys. 3) służy do nadawania zespołowi wahadłowemu wraz z lufami odpowiedniego położenia w płaszczyźnie pionowej, czyli nadawania zestawowi odpowiedniego kąta podniesienia.

Zespół serwonapędu DES-45 służy do napędu mechanizmu podniesieniowego zestawu. Składa się z:

- bezszczotkowego silnika prądu stałego z zamontowanym hamulcem elektrycznym;
- zespołu elektroniki;
- enkodera absolutnego;
- czujnika krańcowego ręczny/automatyczny (R/A);
- enkodera inkrementalnego na potrzeby celownika kolimatorowego.

W zespole zasilania układów sterowania SKR-06 (rys. 4) umieszcza się pakiety (układy sterownia). Układ SKR-06 jest odpowiedzialny za zasilanie tych pakietów oraz dystrybucję sygnałów elektrycznych pomiędzy pakietami i pozostałymi podzespołami osprzętu elektromechanicznego.

Zespół manipulatora (joysticka) MAN-06 (rys. 5) służy do zadawania prędkości w dwóch osiach (azyucie – prawo/lewo i elewacji – od siebie/do siebie) poprzez wychylenia rękojeści. Pulpit operatora PUL-20 (rys. 5) zawiera elementy przełączające i sygnalizacyjne, umożliwiające celownikowi (operatorowi) sterowanie pracą zestawu, celownika kolimatorowego CKE-1T oraz systemu kierowania ogniem.

Pomiar położenia rękojeści jest wykonywany metodą bezstykową, z użyciem przetworników hallotronowych. Tak otrzymany sygnał poddaje się obróbce i wzmocnieniu, po czym zostaje on przekazany na złącze elektryczne.



Rys. 4. Zespół zasilania układów sterowania SKR-06  
Fig. 4. SKR-06 control systems power supply unit





Rys. 5. Pulpit operatora PUL-20 i zespół manipulatora (joysticka) MAN-06

Fig. 5. PUL-20 operator panel and MAN-06 joystick assembly

Elementy obsługowe znajdują się na płycie czołowej wykonanej z blachy aluminiowej z naklejoną folią poliestrową. Wszystkie kontrolki (diody LED) są umieszczone pod folią i zabezpieczone przed działaniem czynników atmosferycznych. Płyta czołowa jest uszczelniona i jako całość jest odporna na czynniki atmosferyczne.

Zastosowany manipulator (joystick) MAN-06 jest typu hallotronowego – do pomiaru wychylenia rękojeści wykorzystuje się czujniki pola magnetycznego. W związku z tym nie wykorzystuje on (poza przyciskami) żadnych ruchomych elementów mechanicznych.

Celownik kolimatorowy CKE-1T (rys. 6) wraz z osprzętem składa się z celownika kolimatorowego



Rys. 6. Widok ogólny celownika kolimatorowego CKE-1T

Fig. 6. General view of the CKE-1T colimator sight

wyposażonego w elementy optyczne i pakiety elektroniczne, modułu termowizyjnego oraz z osprzętu elektrycznego wraz z przetwornikami kąta azymutu i kąta elewacji.

23-milimetrowy przeciwlotniczy zestaw artyleryjski ZU-23-2 (rys. 7) umożliwia wykonywanie zadań ogniowych z wykorzystaniem 23-milimetrowych armat przeciwlotniczych. Podczas realizacji artyleryjskiego zadania ogniowego z użyciem zestawu ZU-23-2 celownik kolimatorowy CKE-1T wypracowuje odpowiednie kąty wyprzedzeń i celownika. Wypracowanie kątów wyprzedzeń i prawidłowy proces śledzenia uzyskuje się przez równomierne prowadzenie znakiem celowniczym za celem z użyciem manipulatora MAN-06 (joysticka), wykorzystując napędy elektryczne, lub z użyciem pokręteł napędów ręcznych.

O wyborze odpowiedniego rodzaju pracy (półautomatycznej lub ręcznej), otwarciu ognia, przeniesieniu ognia lub przerwaniu ognia decyduje dowódca pododdziału przeciwlotniczego. Niezawodność działania zestawu ZU-23-2 podczas strzelania oraz skuteczność prowadzonego ognia zależy w dużej mierze od właściwego przygotowania zestawu przed strzelaniem.

Zestaw powinien być zawsze w stałej gotowości do natychmiastowego użycia bojowego. W tym celu poddaje się go okresowym przeglądom technicznym z udziałem kompetentnych i uprawnionych do tego osób, usuwa wykryte uszkodzenia i niesprawności. Za stan techniczny zestawu i jego utrzymanie odpowiedzialni są użytkownicy, którym zestaw przydzielono.

Obsługę techniczną zestawu przeprowadza się w celu okresowego sprawdzenia jego stanu, usunięcia niesprawności powstałych w czasie użytkowania i przygotowania zestawu do dalszego użytku bojowego. Aby zapewnić właściwy poziom obsługi technicznej, należy systematycznie dbać zarówno o należyte przygotowanie materiałowo-techniczne obsługi, jak i odpowiednie wykszolenie w tym zakresie operatorów i personelu warsztatu uzbrojenia. W czasie obsługi i prac okresowych przy zestawie należy zachować środki bezpieczeństwa, posługiwać się sprawnymi przyrządami i wyposażeniem przewidzianym w instrukcji [2].



Rys. 7. 23-milimetrowy przeciwlotniczy zestaw artyleryjski ZU-23-2, ARES

Fig. 7. 23-mm anti-aircraft artillery set ZU-23-2, ARES Ltd.

## Podsumowanie

Zaprezentowany w artykule pakiet modernizacyjny jest tani w pozyskaniu, łatwy w montażu (nie ma wpływu na konstrukcję armaty) i spełnia większość wymagań sygnalizowanych przez rynki zbytu. W skład pakietu wchodzi: osprzęt elektromechaniczny, czyli nowy panel sterowania, ręczny manipulator (joystick), blok sterowania elektroniki, system sterowania elektrycznego w azymucie i elewacji oraz blok zasilania (akumulatory) i okablowanie. Zastosowano nowe napędy elektryczne (z zachowaniem, jako awaryjny, dotychczasowego napędu ręcznego) sterowane cyfrowo, co umożliwia uzyskanie precyzyjnego naprowadzania przy stosunkowo dużych prędkościach. Ponadto wyeliminowano wszelkie luzy.

Samo naprowadzanie na cel można realizować za pomocą joysticka lub automatycznie, z zewnętrznego systemu kierowania ogniem (SKO). Wpięcie armaty w zewnętrzny system dowodzenia i pozyskiwania danych zwiększa znacznie jej efektywność ogniową.

Pulpit operatora zapewnia zaprogramowanie stref zakazanych w azymucie i elewacji. Osprzęt ma budowę modułową, co ułatwia integrację z nowymi blokami zadaniowymi oraz montaż (nawet w warunkach pododdziału remontowego). Dzięki modernizacji zredukowano obsługę armaty z pięciu do czterech ludzi (dowódca, operator i dwóch ładowniczych). Dalsze kroki modernizacyjne zmierzają do wprowadzenia elektrospustów i automatycznego systemu przeładowania.

AREX stawia sobie nowe wyzwania, które stymulują dalsze prace badawczo-rozwojowe i często są początkiem nowych kierunków działań. Firma inwestuje w badania i rozwój, a dzięki projektowi uzyskała unikalną wiedzę, która pozwala jej konkurować na rynku. Wiedza ta może się także przyczynić do stworzenia możliwości eksportowych oryginalnego w skali międzynarodowej systemu szkolenia wojsk.

## LITERATURA

- [1] Banacki A., Bielawski K., Chmieliński M., Tamberg S. „Nowe rozwiązania technologiczne dla Sił Zbrojnych RP”. *Zeszyty Naukowe AMW. 172B* (2008). Publikacje z zakresu „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)”. Gdynia: Akademia Marynarki Wojennej.
- [2] Bielawski K., Chmieliński M., Dobrzyński P. „Kierunki unowocześnienia 23 mm morskich zestawów artyleryjskich”. *VIII Konferencja Naukowa „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)”*, KOSOP 2014. Ustka: AMW (2014).
- [3] Bielawski K., Chmieliński M., Kobierski J., Milewski S. „Celowość stosowania rozwiązań modernizacyjnych uzbrojenia dla Sił Zbrojnych RP (technologie dualne)”. *Materiały III Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Technika i Uzbrojenie Morskie”*. Gdynia: NATCon (2009).
- [4] Bielawski K., Chmieliński M., Kobierski J.W., Szagała D. „Nowoczesne rozwiązania urządzenia szkolno-treningowego 23 mm morskiego zestawu rakietowo-artyle-ryjskiego”. *VIII Konferencja Naukowa nt.: „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)”*, KOSOP 2014. Ustka: AMW (2014). ■