

Pochodzenie Komponentów w Rosyjskich Dronach Używanych w Wojnie na Ukrainie: Analiza Łańcucha Dostaw

I. Wprowadzenie

A. Transformacyjna rola UAV w wojnie rosyjsko-ukraińskiej

Konflikt rosyjsko-ukraiński, zwłaszcza od czasu pełnoskalowej inwazji w lutym 2022 roku, charakteryzuje się bezprecedensowym wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych (UAV), powszechnie znanych jako drony. Systemy te zrewolucjonizowały pole walki, pełniąc różnorodne funkcje – od kluczowego rozpoznania i korygowania ognia artylerii, przez precyzyjne uderzenia na cele o wysokiej wartości, po masowe ataki mające na celu przełamanie obrony powietrznej przeciwnika.¹ Zarówno Ukraina, jak i Rosja intensywnie wykorzystują drony, w tym komercyjne modele adaptowane do celów wojskowych, a także specjalistyczne konstrukcje wojskowe.¹ Po stronie rosyjskiej kluczową rolę odgrywają systemy takie jak rozpoznawcze drony Orłan, amunicja krążąca Lancet oraz irańskie drony uderzeniowe Shahed, przemianowane na Gieran-2.¹ Skala użycia tych systemów jest ogromna, a ich wpływ na przebieg działań wojennych nie do przecenienia.⁴

B. Pięta achillesowa: Zależność od zagranicznej technologii

Pomimo wysiłków Rosji w zakresie projektowania i montażu własnych systemów bezzałogowych, jej zdolności w tej dziedzinie są krytycznie uzależnione od importowanych komponentów, zwłaszcza zaawansowanej mikroelektroniki, systemów optycznych, modułów nawigacyjnych i silników.³ Analiza zestrzelonych lub przechwyconych rosyjskich dronów ujawnia powszechną obecność części produkowanych przez firmy z krajów zachodnich, w tym Stanów Zjednoczonych, państw Unii Europejskiej, Szwajcarii, a także Japonii i innych krajów azjatyckich. Ta zależność stanowi fundamentalną słabość rosyjskiego kompleksu wojskowo-przemysłowego, szczególnie w kontekście nałożonych sankcji międzynarodowych mających na celu ograniczenie dostępu Rosji do zaawansowanych technologii.

C. Cele i zakres raportu

Niniejszy raport ma na celu szczegółową analizę pochodzenia kluczowych komponentów technologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem systemów optycznych i procesorów, stosowanych w najważniejszych rosyjskich dronach wykorzystywanych w wojnie przeciwko Ukrainie: serii Orłan, Lancet oraz

Shahed/Gieran-2. Raport identyfikuje konkretne zagraniczne komponenty, ich producentów i kraje pochodzenia. Analizuje również złożone łańcuchy dostaw, w tym rolę pośredników i mechanizmy obchodzenia sankcji, które umożliwiają Rosji pozyskiwanie niezbędnych technologii. Celem jest dostarczenie kompleksowego obrazu zależności technologicznej Rosji w dziedzinie UAV oraz ocena skuteczności obecnych reżimów kontroli eksportu.

II. Przegląd kluczowych rosyjskich dronów i ich zależności od zagranicznych komponentów

A. Seria Orłan (Orłan-10, Orłan-30): Kręgosłup rozpoznania

Drony z serii Orłan, głównie model Orłan-10, stanowią podstawowy element rosyjskiego systemu rozpoznania taktycznego, walki elektronicznej (EW) i korygowania ognia artylerii.³ Są one często wykorzystywane w grupach po dwa lub trzy, gdzie jeden dron prowadzi rozpoznanie na wysokości 1-1,5 km, drugi odpowiada za zadania EW, a trzeci pełni funkcję retranslatora danych.²⁸ Ich kluczową zaletą jest zdolność do identyfikacji celów i przekazywania danych w czasie rzeczywistym, co pozwala rosyjskiej artylerii na skrócenie czasu reakcji z około 20 minut do zaledwie 3 minut od momentu wykrycia celu.³ Pomimo że Orłan jest produkowany przez rosyjską firmę Specjalne Centrum Technologiczne (STC) z Sankt Petersburga²⁸, liczne analizy zestrzelonych egzemplarzy potwierdzają jego głęboką zależność od importowanych komponentów krytycznych, pochodzących głównie z krajów zachodnich.³ Co istotne, produkcja dronów Orłan-10 i nowszych Orłan-30 znacząco wzrosła po rozpoczęciu pełnoskalowej inwazji, pomimo nałożonych sankcji.³

B. Seria Lancet: Precyzyjna amunicja krążąca

Drony Lancet, opracowane przez firmę ZALA Aero Group (część koncernu Kałasznikow)⁴, pełnią rolę precyzyjnej amunicji krążącej, określanej potocznie jako drony "kamikadze". Są one przeznaczone do atakowania celów o wysokiej wartości, takich jak systemy artyleryjskie, pojazdy opancerzone, stacje radarowe czy systemy obrony powietrznej.¹ Lancet charakteryzuje się wysoką skutecznością, z raportowaną trafnością na poziomie około 77,7%.⁴ Jego zaawansowane zdolności, takie jak możliwość autonomicznego wyszukiwania i śledzenia celów czy odporność na zakłócenia, wynikają bezpośrednio z zastosowania kluczowych komponentów pochodzenia zachodniego, w tym modułów AI (sztucznej inteligencji) i zaawansowanych systemów nawigacyjnych.¹² Podobnie jak w przypadku Orłana, produkcja Lancetów również została znacząco zwiększona w czasie wojny.⁴

C. Seria Shahed/Gieran-2: Drony uderzeniowe dalekiego zasięgu

Drony Shahed-136, zaprojektowane i pierwotnie produkowane w Iranie przez firmy HESA i Shahed Aviation Industries⁵, zostały zaadaptowane przez Rosję pod nazwą Gieran-2. Pełnią one rolę broni strategicznej, wykorzystywanej do ataków na cele położone głęboko na terytorium Ukrainy, w tym na infrastrukturę krytyczną, oraz do masowych nalotów mających na celu wyczerpanie ukraińskiej obrony powietrznej.⁵ Rosja uruchomiła licencyjną produkcję lub montaż tych dronów na swoim terytorium, głównie w Specjalnej Strefie Ekonomicznej Ałabuga.²¹ Pomimo tych wysiłków, drony Gieran-2 nadal w ogromnym stopniu bazują na importowanych komponentach elektronicznych, pochodzących w dużej mierze z krajów zachodnich, co jest niezbędne do ich funkcjonowania, w tym systemów nawigacji i naprowadzania.⁵

III. Analiza komponentów: Drony rozpoznawcze Orłan (Orłan-10/30)

A. Systemy optyczne i obrazujące

Analiza systemów optycznych dronów Orłan ujawnia pragmatyczne podejście Rosji do pozyskiwania komponentów, łączące łatwo dostępne technologie konsumenckie z bardziej wyspecjalizowanymi, importowanymi sensorami. Głównym elementem systemu obrazowania dziennego są często komercyjne aparaty fotograficzne typu lustrzanka cyfrowa (DSLR) firmy Canon, w szczególności modele EOS Rebel T6i (znany również jako EOS 750D) lub EOS 800D, wyposażone w obiektywy EF 85mm f/1.8 USM.²⁸ Integracja tych aparatów w strukturze drona bywa zaskakująco prymitywna – często są one mocowane za pomocą rzepów i kleju, a pokrętło trybów jest zaklejone, aby zapobiec przypadkowej zmianie ustawień podczas lotu.⁴⁷ Wykorzystanie tanich, powszechnie dostępnych aparatów konsumenckich do realizacji kluczowej funkcji rozpoznawczej świadczy o dążeniu do minimalizacji kosztów i wykorzystaniu łatwo dostępnych na rynku elementów.

Jednakże, zdolności rozpoznawcze Orłana nie opierają się wyłącznie na technologii konsumenckiej. W zakresie obrazowania termowizyjnego zidentyfikowano użycie bardziej zaawansowanej kamery termowizyjnej Lynred PICO640gen2, produkowanej przez francuską firmę Lynred.²⁸ Zastosowanie tego specjalistycznego komponentu, potencjalnie podlegającego kontroli eksportu, wskazuje na konieczność importu technologii, której Rosja nie jest w stanie wyprodukować samodzielnie w wymaganej jakości lub ilości.

Cały zestaw sensorów – kamera dzienna, termowizyjna i wideo – jest zazwyczaj umieszczony w żyrostabilizowanej głowicy optoelektronicznej pod kadłubem drona.²⁹

Ta kombinacja sensorów pozwala na prowadzenie rozpoznania w różnych warunkach oświetleniowych i pogodowych.

Obserwowana mieszanka niskobudżetowych aparatów konsumenckich i specjalistycznych kamer termowizyjnych odzwierciedla strategię zaopatrzeniową opartą na rachunku kosztów i korzyści. Tam, gdzie jest to wystarczające (obrazowanie dzienne), Rosja wykorzystuje tanie, łatwo dostępne komponenty. Jednak dla krytycznych zdolności, takich jak rozpoznanie w nocy czy w trudnych warunkach pogodowych (obrazowanie termowizyjne), konieczne jest pozyskanie zaawansowanej technologii z zagranicy, co podkreśla luki w rosyjskim potencjale produkcyjnym sensorów.

B. Procesory i mikroelektronika

Rdzeń systemów przetwarzania danych i sterowania lotem w dronach Orłan opiera się w dużej mierze na standardowych mikroprocesorach i układach scalonych pochodzących od głównych amerykańskich i europejskich producentów półprzewodników. Analizy zestrzelonych dronów pozwoliły zidentyfikować szereg kluczowych komponentów:

- Procesor sygnałowy **ADSP-BF534** amerykańskiej firmy **Analog Devices**, stanowiący serce rosyjskiego odbiornika nawigacyjnego MNP-M7.¹⁷
- Mikrokontroler **STM32F103** francusko-włoskiej firmy **STMicroelectronics**, używany w kontrolerze lotu.¹⁷
- Mikrokontroler **ATxmega256A3** amerykańskiej firmy **Microchip**, wykorzystywany w module transmisji telemetrycznej.¹⁷
- Starter-generator **PTN78020** amerykańskiej firmy **Texas Instruments**.³
- Czujniki ciśnienia **MPXA4115A** i **MPXV5004DP** amerykańskiej firmy **Freescale Semiconductor** (obecnie część holenderskiej firmy NXP Semiconductors).¹⁷
- Czujnik kompasu **HMC6352** amerykańskiej firmy **Honeywell**.¹⁷

Komponenty te pełnią fundamentalne funkcje, takie jak sterowanie lotem, przetwarzanie danych nawigacyjnych, zarządzanie danymi z sensorów oraz regulacja zasilania. Powszechne wykorzystanie tych zachodnich układów w krytycznych systemach drona, przy jednoczesnym braku informacji o rosyjskich odpowiednikach o porównywalnych parametrach, dobitnie świadczy o głębokiej zależności Rosji od globalnego rynku elektroniki dla zapewnienia podstawowej funkcjonalności swoich bezałogowców. Import tych standardowych, ale niezbędnych komponentów jest warunkiem koniecznym dla produkcji i operacyjnego wykorzystania dronów Orłan.

C. Systemy nawigacyjne

Precyzyjna nawigacja jest kluczowa dla efektywności dronów rozpoznawczych. W przypadku Orłana, nawet nawigacja oparta na rosyjskim systemie GLONASS, zależy od zagranicznych technologii. Głównym elementem systemu pozycjonowania są moduły odbiornika GPS/GNSS szwajcarskiej firmy **u-blox**, w szczególności model **LEA-6N**.¹⁷ Co więcej, wspomniany wcześniej rosyjski odbiornik MNP-M7, choć oznaczony jako produkt krajowy, bazuje na amerykańskim chipie **Analog Devices ADSP-BF534**.¹⁷

Te zachodnie moduły zapewniają kompatybilność nie tylko z rosyjskim GLONASS, ale również z amerykańskim GPS, europejskim Galileo i chińskim Beidou.²⁸ Ta redundancja i zdolność do korzystania z wielu konstelacji satelitarnych znacząco zwiększają dokładność i niezawodność pozycjonowania, co jest kluczowe w warunkach potencjalnych zakłóceń sygnału. Fakt, że Rosja musi importować zaawansowane moduły odbiorcze od zachodnich firm, aby efektywnie korzystać nawet z własnego systemu GLONASS, pokazuje istotną lukę technologiczną w krajowym przemyśle. Rosja wydaje się niezdolna do samodzielnej produkcji wysokowydajnych, wielosystemowych odbiorników GNSS niezbędnych dla niezawodnej nawigacji dronów w wymagającym środowisku operacyjnym.

D. Silnik

Napęd drona Orłan-10 stanowi kolejny przykład wykorzystania łatwo dostępnych, komercyjnych komponentów. Jest on napędzany jednocylindrowym, czterosuwowym silnikiem spalinowym **Saito Manufacturing FA-62B** japońskiej firmy **Saito Manufacturing**.¹⁷ Jest to silnik powszechnie stosowany w modelarstwie lotniczym, co ponownie podkreśla strategię wykorzystywania gotowych, niemilitarnych rozwiązań w celu obniżenia kosztów i uproszczenia produkcji oraz logistyki. Wybór tego konkretnego silnika sugeruje, że Rosja nie dysponuje odpowiednim krajowym silnikiem o wymaganych parametrach i niezawodności dla tej klasy dronów lub uznaje import za bardziej opłacalny.

E. Komunikacja i telemetria

Systemy komunikacji i przesyłu danych telemetrycznych Orłana również zawierają komponenty pochodzenia zagranicznego. Zidentyfikowano tu części niemieckich firm: nadajnik **RF3110** firmy **Municom** oraz odbiornik **DP1205-C915** firmy **AnyLink**.¹⁷ Systemy te operują w określonych zakresach częstotliwości: pasmo 850–930 MHz jest rutynowo używane do sygnału sterującego (z tendencją do poszukiwania możliwości operowania w niższych pasmach 730–760 MHz lub nawet 430–600 MHz w celu

unikania zakłóceń), podczas gdy transmisja obrazu może odbywać się na częstotliwościach 3, 4 lub 8 GHz.²⁸ Zależność od niemieckich komponentów w systemach komunikacji dodatkowo ilustruje szeroki zakres importu technologii niezbędnych do funkcjonowania drona.

F. Tabela: Podsumowanie zagranicznych komponentów Orłan-10/30

Poniższa tabela podsumowuje zidentyfikowane kluczowe komponenty zagraniczne znalezione w dronach Orłan-10/30, ich producentów oraz kraje pochodzenia.

Typ Komponentu	Konkretny Model/Część	Producent	Kraj Pochodzenia
Optyka - Dzienna	Canon EOS 750D/800D	Canon	Japonia
Optyka - Termowizyjna	Lynred PICO640gen2	Lynred	Francja
Procesor (Nawigacja)	ADSP-BF534 (w MNP-M7)	Analog Devices	USA
Mikrokontroler (Lot)	STM32F103	STMicroelectronics	Francja/Włochy
Mikrokontroler (Tel.)	ATxmega256A3	Microchip	USA
Moduł Nawigacyjny	u-blox LEA-6N	u-blox	Szwajcaria
Silnik	Saito FA-62B	Saito Manufacturing	Japonia
Sensor - Ciśnienie	MPXA4115A / MPXV5004DP	Freescale / NXP Semi.	USA/Holandia
Sensor - Kompas	HMC6352	Honeywell	USA
Komunikacja - Nadajnik	RF3110	Municom	Niemcy
Komunikacja - Odbiornik	DP1205-C915	AnyLink	Niemcy

Starter-generator	PTN78020	Texas Instruments	USA
-------------------	----------	-------------------	-----

Tabela ta jednoznacznie ukazuje szeroką i zróżnicowaną zależność technologiczną systemu Orłan od importu. Od aparatów konsumenckich po wyspecjalizowane sensory termowizyjne, od kluczowych procesorów i mikrokontrolerów po moduły nawigacyjne i silniki modelarskie – Rosja pozyskuje niezbędne elementy z wielu krajów, głównie zachodnich i azjatyckich, co stanowi podstawę funkcjonowania jej głównego drona rozpoznawczego.

IV. Analiza komponentów: Amunicja krążąca Lancet

A. AI, przetwarzanie i naprowadzanie

Skuteczność dronów Lancet w precyzyjnym rażeniu celów wynika w dużej mierze z zastosowania zaawansowanych zachodnich technologii przetwarzania danych i sztucznej inteligencji. Kluczowym elementem jest moduł **Nvidia Jetson TX2**, produkowany przez amerykańską firmę Nvidia.¹⁵ Ten kompaktowy moduł AI umożliwia dronowi autonomiczne rozpoznawanie i śledzenie celów w czasie rzeczywistym, co znacząco zwiększa jego zdolności w porównaniu do systemów opartych wyłącznie na nawigacji GPS. Zastosowanie tej technologii pozwala Lancetowi na atakowanie celów ruchomych oraz potencjalne omijanie środków obronnych.

Wspomagający w przetwarzaniu danych jest układ **Xilinx Zynq SoC** (System-on-Chip), produkowany przez amerykańską firmę Xilinx (obecnie część AMD).¹⁵ Układy te są wykorzystywane do implementacji logiki programowalnej, co sugeruje ich rolę w systemach sterowania, przetwarzaniu sygnałów lub innych zadaniach wymagających elastycznej konfiguracji sprzętowej.

Ponadto, Lancet wykorzystuje elektro-optyczny system naprowadzania z kamerą telewizyjną (TV guidance unit), który umożliwia operatorowi kontrolę nad dronem w terminalnej fazie lotu, aż do momentu uderzenia w cel.¹² Ta funkcja zapewnia wysoką precyzję i możliwość korekty kursu w ostatniej chwili.

Zastosowanie wysokowydajnych amerykańskich komponentów AI i przetwarzania (Nvidia, Xilinx) jest fundamentalne dla zaawansowanych możliwości Lanceta. Pozwalają one na realizację funkcji takich jak autonomiczne celowanie i potencjalne pokonywanie środków zaradczych, których Rosja najwyraźniej nie jest w stanie osiągnąć przy użyciu wyłącznie krajowych technologii. Stanowi to przykład celowego pozyskiwania konkretnych, zaawansowanych technologii z Zachodu w celu

nadrobienia własnych braków i uzyskania przewagi na polu walki.

B. Systemy nawigacyjne

W kontekście intensywnej walki radioelektronicznej na ukraińskim teatrze działań, niezawodność systemów nawigacyjnych jest kluczowa dla amunicji krążącej. Rosja wydaje się priorytetowo traktować pozyskiwanie zaawansowanych zachodnich modułów nawigacyjnych dla dronów Lancet, które posiadają wbudowane zdolności przeciwwzakłócenieniowe. Zidentyfikowano użycie modułów nawigacyjnych szwajcarskiej firmy **u-blox**, które charakteryzują się odpornością na zagłuszanie (anti-jamming) i fałszowanie sygnału (anti-spoofing).¹⁵ Te cechy pozwalają dronowi na utrzymanie odbioru sygnałów satelitarnych nawet w obliczu działań systemów walki elektronicznej przeciwnika, co jest istotnym czynnikiem wpływającym na skuteczność Lanceta.

Co ciekawe, producent (ZALA Aero) twierdzi, że Lancet nie potrzebuje nawigacji satelitarnej do działania.³³ Może to być częściowo prawdą, jeśli dron wykorzystuje inne metody nawigacji (np. inercyjną, wizualną) lub jest to stwierdzenie mające na celu wprowadzenie w błąd. Jednak udokumentowana obecność zaawansowanych modułów GNSS firmy u-blox sugeruje, że nawigacja satelitarna odgrywa istotną rolę, a jej odporność na zakłócenia jest kluczowa. Wybór zaawansowanych modułów szwajcarskiej firmy zamiast potencjalnie prostszych rozwiązań wskazuje na świadome dążenie do zwiększenia odporności nawigacyjnej drona w trudnym środowisku elektromagnetycznym.

C. System optyczny/kamera

System optyczny Lanceta odgrywa kluczową rolę w identyfikacji wizualnej celu i naprowadzaniu w końcowej fazie ataku. Dron jest wyposażony w kamerę zamontowaną z przodu kadłuba.²⁰ Firma ZALA Aero twierdzi, że sama produkuje te kamery²⁰, jednak brakuje niezależnych potwierdzeń tej informacji oraz szczegółów technicznych dotyczących konkretnych modeli sensorów czy optyki.

Jedno ze źródeł wspomina o potencjalnych sensorach, które mogą być częścią ładunku użytecznego Lanceta, w tym kamerach w zakresie widzialnym i podczerwonym, wskaźniku laserowym, a nawet czujniku analizy gazów i radiometrze, zaznaczając jednak niepewność co do ich statusu operacyjnego.³⁴ Z kolei katalog produktów ZALA Aero prezentuje zaawansowane głowice optoelektroniczne (np. modele Z-16E5VHD60-IRA2/IRQ, Z-16IRQ-V/L) oferujące obraz wideo HD, kamery termowizyjne, zoom optyczny i cyfrowy oraz wskaźniki laserowe.³⁵ Nie ma jednak pewności, czy te konkretne, zaawansowane głowice są standardowo montowane w

dronach Lancet, czy też są to opcje dostępne dla innych platform UAV firmy ZALA.

Podsumowując, choć dokładna specyfikacja systemu optycznego Lanceta pozostaje mniej udokumentowana niż innych kluczowych komponentów, jest jasne, że dron wykorzystuje system elektro-optyczny do naprowadzania terminalnego. Kwestia, czy system ten bazuje na komponentach zagranicznych (co jest prawdopodobne, biorąc pod uwagę ogólną zależność od importu), czy też stanowi rzadki przykład skutecznej rosyjskiej produkcji w tej dziedzinie, wymaga dalszych badań. Dostępność zaawansowanych głowic w ofercie ZALA sugeruje jednak dostęp do technologii, nawet jeśli opiera się ona na importowanych podzespołach (np. sensorach, procesorach obrazu). Brak jednoznacznej identyfikacji optyki Lanceta w analizach wraków może wynikać z mniejszej standaryzacji lub większych trudności w analizie w porównaniu do łatwiej identyfikowalnych procesorów czy silników.

D. Silnik

Napęd drona Lancet jest realizowany za pomocą silnika elektrycznego, co zapewnia mu szereg korzyści taktycznych, takich jak cichsza praca (mniejsza sygnatura akustyczna) i brak śladu cieplnego, co utrudnia wykrycie.¹⁵ Silniki elektryczne są również generalnie bardziej niezawodne, lżejsze i bardziej kompaktowe niż silniki spalinowe o porównywalnej mocy.

Analiza zestrzelonych Lancetów wykazała, że wykorzystują one silniki elektryczne produkowane przez czeską firmę **AXI Model Motors**, konkretnie bezszczotkowy model **AXI 5330 Gold Line**.¹² Co ciekawe, zaobserwowano próby ukrywania logo producenta na silnikach, na przykład poprzez zaklejanie go taśmą.²⁰ Świadczy to o świadomości Rosji co do pochodzenia tych komponentów i potencjalnych problemów związanych z ich importem w kontekście sankcji. Zależność od czeskiego dostawcy silników elektrycznych jest kolejnym dowodem na braki w rosyjskim przemyśle, który nie jest w stanie samodzielnie zapewnić odpowiednich jednostek napędowych dla swoich nowoczesnych dronów.

E. Tabela: Podsumowanie zagranicznych komponentów Lancet

Poniższa tabela zestawia kluczowe zidentyfikowane komponenty zagraniczne wykorzystywane w dronach Lancet.

Typ Komponentu	Konkretny Model/Część	Producent	Kraj Pochodzenia
----------------	-----------------------	-----------	------------------

Moduł AI/Przetwarzania	Nvidia Jetson TX2	Nvidia	USA
SoC (System-on-Chip)	Xilinx Zynq	Xilinx / AMD	USA
Moduł Nawigacyjny	Moduł u-blox	u-blox	Szwajcaria
Silnik	AXI 5330 Gold Line	AXI Model Motors	Czechy
Optyka/Naprowadzanie	Kamera TV Guidance	ZALA Aero (deklarowany)	Rosja (deklarowany)

Tabela ta wyraźnie pokazuje, że zaawansowane zdolności uderzeniowe Lanceta są ściśle powiązane z wykorzystaniem wysokotechnologicznych komponentów zagranicznych. Szczególnie widoczna jest zależność od amerykańskich technologii AI i przetwarzania (Nvidia, Xilinx/AMD) oraz szwajcarskich modułów nawigacyjnych (u-blox), które zapewniają precyzję i odporność na zakłócenia. Kontrastuje to z profilem komponentów Orłana, który obejmuje szerszy zakres technologii, w tym niektóre klasy konsumenckiej.

V. Analiza komponentów: Drony uderzeniowe Shahed/Gieran-2

A. Procesory i elektronika

Pomimo irańskiego projektu i postrzeganej prostoty konstrukcji, drony Shahed-136/Gieran-2 są wypełnione szeroką gamą zachodniej mikroelektroniki, co podkreśla wszechobecność globalnych łańcuchów dostaw nawet w systemach uzbrojenia pochodzących spoza Zachodu. Analizy przechwyconych dronów oraz dokumenty wewnętrzne rosyjskiego zakładu produkcyjnego w Ałabudze ujawniają tę zależność.

Zidentyfikowano użycie procesorów amerykańskiej firmy **Texas Instruments**, w szczególności modelu **TMS320**.⁵ Co więcej, wewnętrzne dokumenty z Ałabugi wskazują, że każdy dron Shahed-136 zawiera około 140 różnych komponentów elektronicznych i złączy, z czego znacząca większość, według analiz, pochodzi z krajów zachodnich, a zwłaszcza z USA.²¹

Szersze badania rosyjskiego uzbrojenia, w tym dronów, konsekwentnie wykazują obecność układów scalonych od głównych amerykańskich i europejskich firm, takich

jak **Analog Devices, Microchip Technology, Intel, AMD, Samsung, STMicroelectronics** czy **NXP Semiconductors**.⁷ Nawet pozornie mniej skomplikowane elementy mają zachodnie powiązania – przykładem jest pompa paliwa produkowana w Polsce na zlecenie brytyjskiej firmy **TI Fluid Systems**⁵ oraz różnego rodzaju przetwornice napięcia.⁵ Ta wszechobecność zachodniej elektroniki w dronie zaprojektowanym w Iranie i produkowanym w Rosji wskazuje na fundamentalną zależność od globalnego rynku, a nie tylko na sporadyczne wykorzystanie dostępnych części.

B. Systemy nawigacyjne i przeciwalkłócenkowe

Podstawowym systemem naprowadzania dronów Shahed/Gieran-2 jest kombinacja nawigacji satelitarnej (GNSS), wykorzystującej systemy takie jak GPS i rosyjski GLONASS, oraz nawigacji inercyjnej (INS).⁵ W obliczu intensywnych działań walki radioelektronicznej ze strony Ukrainy, kluczowe znaczenie ma odporność tych systemów na zakłócenia.

W tym celu drony Shahed/Gieran-2 są wyposażone w specjalny moduł przeciwalkłócenkowy o nazwie **Nasir**, zaprojektowany w Iranie.⁵ Moduł ten ma za zadanie tłumić wrogie sygnały zakłócające, jednocześnie zachowując odbiór pożądanego sygnału nawigacji satelitarnej. Co istotne, sam moduł Nasir, mimo irańskiego projektu, do swojego działania również wykorzystuje zagraniczne (głównie zachodnie) komponenty elektroniczne.²¹ To pokazuje wielopoziomową zależność – nawet systemy mające na celu zwiększenie odporności na środki zaradcze przeciwnika bazują na technologii, której pochodzenie próbuje się ograniczyć sankcjami.

Dodatkowo, pojawiają się doniesienia o rosyjskich modyfikacjach mających na celu dalsze ulepszenie wykorzystania systemu GLONASS oraz zwiększenie odporności na zakłócenia.⁵ Te działania wskazują na priorytetowe traktowanie kwestii przeciwdziałania EW i ciągłe adaptowanie dostępnych (najprawdopodobniej wciąż importowanych) technologii w celu utrzymania skuteczności dronów w trudnym środowisku operacyjnym.

C. Silnik

Jednostką napędową dronów Shahed-136/Gieran-2 jest silnik tłokowy **Mado MD-550** produkcji irańskiej.⁵ Powszechnie uważa się, że jest to kopia lub wynik inżynierii wstecznej niemieckiego silnika **Limbach L550E**, który jest stosowany w wielu innych irańskich dronach oraz w modelarstwie lotniczym.⁵ Wykorzystanie skopiowanego zachodniego projektu wskazuje na brak odpowiednich krajowych zdolności w Iranie (a

co za tym idzie, również w Rosji, która korzysta z tej technologii) w zakresie projektowania i masowej produkcji niezawodnych silników o małej pojemności, odpowiednich dla tej klasy bezzałogowców.

Co więcej, istnieją doniesienia, że rosyjskie wersje dronów Gieran-2 mogą wykorzystywać chińskie kopie silnika Limbach.⁴² Potwierdza to schemat polegania na zagranicznych (choć niekoniecznie zachodnich w tym przypadku) źródłach dla kluczowego komponentu, jakim jest jednostka napędowa.

D. Systemy optyczne/kamery (Emerging Variants)

Początkowe analizy dronów Shahed-136/Gieran-2 używanych przez Rosję na początku konfliktu wskazywały na brak kamer czy systemów optycznych do naprowadzania terminalnego lub rozpoznania.⁵ Drony te działały głównie jako amunicja krążąca naprowadzana na wcześniej zaprogramowane współrzędne za pomocą GNSS/INS.

Jednakże, nowsze doniesienia z pola walki wskazują na ewolucję tej platformy. Pojawiły się dowody na istnienie wariantów Gieran-2 wyposażonych w systemy optyczne. Zidentyfikowano egzemplarze z zamontowanymi kamerami wideo (potencjalnie na ruchomej głowicy pan/tilt) oraz prawdopodobnie kamerami termowizyjnymi.⁵ Takie modyfikacje mogą znacząco rozszerzyć możliwości drona, pozwalając na prowadzenie rozpoznania wizualnego w czasie rzeczywistym, a potencjalnie nawet na atakowanie celów ruchomych lub korygowanie celu w końcowej fazie lotu.

Zaobserwowano również wykorzystanie modemów komórkowych (w tym z ukraińskimi kartami SIM)⁴⁴ lub potencjalnie terminali Starlink⁵ do transmisji danych w czasie rzeczywistym. Choć instalacje te mogą wydawać się prymitywne⁴⁶, świadczą o próbach przekształcenia Shaheda/Gieran-2 z prostej amunicji krążącej w bardziej wszechstronną platformę ISR (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) lub nawet system zdolny do dynamicznego retargetowania.

Ta ewolucja platformy Shahed/Gieran-2, polegająca na dodawaniu systemów optycznych i komunikacyjnych, niemal na pewno wiąże się z koniecznością pozyskania nowych zagranicznych komponentów. Biorąc pod uwagę udokumentowaną zależność od zachodniej elektroniki w podstawowej wersji drona, jest wysoce prawdopodobne, że również te nowe systemy optyczne i komunikacyjne bazują na importowanych technologiach. Stanowi to ciągłe wyzwanie dla reżimów kontroli eksportu.

E. Tabela: Podsumowanie zagranicznych komponentów Shahed/Gieran-2

Poniższa tabela podsumowuje kluczowe komponenty zagraniczne lub o zagranicznym pochodzeniu projektu, zidentyfikowane w dronach Shahed-136/Gieran-2.

Typ Komponentu	Konkretny Model/Część/System	Producent/Projektant	Kraj Pochodzenia/Projektu	Uwagi
Procesor	TI TMS320	Texas Instruments	USA	
Elektronika (Ogólnie)	Różne układy scalone	Różni (gł. USA/UE)	USA/UE/Szwajcaria itd.	Ok. 140 komponentów na dron
Nawigacja	GNSS/INS	Różni (układy z USA/Szwajc.)	USA/Szwajcaria (układy)	
Moduł Przeciwwzakońceniowy	Nasir	Iran	Iran (z częściami z Zachodu)	Kluczowy dla odporności na EW
Projekt Silnika	Limbach L550E	Limbach Flugmotoren	Niemcy	Kopiuwany przez Iran (Mado MD-550) i Chiny
Optyka/Kamera (Wariant)	Kamera Wideo/Termowizyjna	Nieznany/COTS	Nieznany (prawd. zagran.)	W nowszych wersjach
Komunikacja (Wariant)	Modem Komórkowy/Satcom	Nieznany/COTS	Nieznany (prawd. zagran.)	W nowszych wersjach
Pompa Paliwa	-	Prod. w PL dla TI Fluid Sys.	Polska/UK	

Tabela ta ilustruje złożony charakter drona Shahed/Gieran-2: irański projekt i rosyjska produkcja/montaż opierają się na fundamencie zachodniej elektroniki. Silnik jest kopią niemieckiego projektu, a najnowsze warianty wydają się ewoluować w kierunku integracji systemów optycznych, co prawdopodobnie wiąże się z dalszym importem

zagranicznych technologii.

VI. Sankcjonowany łańcuch dostaw: Jak zagraniczne komponenty docierają do Rosji

A. Skala problemu: Wolumeny i wartości importu

Pomimo szeroko zakrojonych sankcji międzynarodowych, dane handlowe wskazują na utrzymujący się na dużą skalę import krytycznych komponentów do Rosji, niezbędnych do produkcji dronów i innego uzbrojenia. Analizy oparte na kodach celnych (HS) powiązanych z częściami używanymi w UAV pokazują, że po początkowym spadku w drugim kwartale 2022 roku, wolumen importu znacząco wzrósł w kolejnych okresach.⁷

Konkretne liczby ilustrują skalę zjawiska:

- W okresie styczeń-maj 2023 roku wartość importu towarów objętych kodami HS powiązanymi z komponentami UAV wyniosła 7,2 mld USD, co stanowi wzrost o 19% w porównaniu do analogicznego okresu w 2022 roku (6,1 mld USD). Całkowita wartość w 2022 roku wyniosła 15,8 mld USD.⁷
- W pierwszych dziewięciu miesiącach 2023 roku Rosja zaimportowała komponenty "wojskowe" o wartości 8 mld USD oraz komponenty "krytyczne" (podwójnego zastosowania) o wartości 20 mld USD.⁵³ Inne badanie wskazuje na import dóbr pola walki o wartości 8,77 mld USD i komponentów krytycznych o wartości 22,23 mld USD w okresie styczeń-październik 2023.²⁴
- Konkretne firmy również odnotowują znaczące przepływy: w okresie marzec-listopad 2022 roku do Rosji trafiły chipy Analog Devices o wartości 89 mln USD oraz Texas Instruments o wartości 50 mln USD.²⁶ Firma SMT-iLogic, kluczowy dostawca dla producenta Orłanów, otrzymała od lutego do października 2022 roku komponenty o wartości 5 mln USD od jednego tylko dostawcy z Hongkongu, Asia Pacific Links.¹¹ Import produktów firm Intel i AMD (w tym mikroprocesorów) przekroczył odpowiednio 169 mln USD i 35 mln USD w nieokreślonym dokładnie okresie (prawdopodobnie 2022-2023).⁵⁰

Te dane pokazują, że sankcje spowodowały jedynie tymczasowe zakłócenia. Rosja szybko zaadaptowała swoje łańcuchy dostaw, znajdując alternatywne trasy i pośredników, co pozwoliło na powrót, a w niektórych przypadkach nawet na przekroczenie przedwojennych poziomów importu krytycznych komponentów pod względem wartości w 2023 roku. Świadczy to o odporności i zaawansowaniu rosyjskich sieci zaopatrzeniowych. Pojawiające się dane sugerujące spadek importu z Chin w 2024 roku⁵⁴ mogą wskazywać na niedawne zaostrzenie kontroli lub zmianę

strategii, jednak wymaga to potwierdzenia w dłuższej perspektywie.

B. Kluczowe węzły i kraje pośredniczące

Centralną rolę w omijaniu sankcji odgrywa niewielka grupa państw, które nie przystąpiły do koalicji sankcyjnej lub nie egzekwują restrykcji z należytą starannością. Kraje te stały się kluczowymi węzłami tranzytowymi dla zachodnich technologii płynących do Rosji.

Dominującą pozycję zajmują **Chiny**, w tym **Hongkong**, przez które przepływa zdecydowana większość krytycznych komponentów. Jedno z badań wskazuje, że przez Chiny i Hongkong trafia do Rosji odpowiednio 67% i 17% analizowanych komponentów.⁷ Inne istotne kraje pośredniczące to **Turcja** (odpowiedzialna za ok. 5% dostaw w jednym z badań), **Zjednoczone Emiraty Arabskie** (ok. 2%)⁷, a także **Kazachstan** i inne kraje Euroazjatyckiej Unii Celnej.⁷ Pojawiają się również informacje o wykorzystaniu portu Tanger Med w **Maroku** jako hubu przeładunkowego dla elektroniki.²⁷

Istotnym czynnikiem ułatwiającym ten proceder jest fakt, że wiele zachodnich korporacji posiada zakłady produkcyjne w Chinach i innych krajach azjatyckich.⁸ Ułatwia to "wyciek" komponentów do nieautoryzowanych kanałów dystrybucji i utrudnia śledzenie ich ostatecznego przeznaczenia. Strategiczne położenie geograficzne oraz powiązania gospodarcze tych krajów z Rosją, w połączeniu z brakiem woli politycznej do pełnego egzekwowania sankcji, czynią je atrakcyjnymi lokalizacjami dla operacji pośrednictwa.

C. Firmy pośredniczące i sieci

Za przepływem komponentów stoją konkretne firmy, tworzące złożone sieci powiązań w Rosji i krajach pośredniczących. Po stronie rosyjskiej zidentyfikowano importerów bezpośrednio powiązanych z produkcją dronów, takich jak **SMT-iLogic** (dostawca dla STC, producenta Orłanów)³ czy **Entep** i **Legion Komplekt** (importerzy silników do Lancetów).¹⁵ Inne firmy, jak **IQ Components**, **Incotech**, **Kvazar**, **VMK** czy **Testkomplekt**, specjalizują się w imporcie szerokiej gamy elektroniki, w tym chipów wykorzystywanych w uzbrojeniu.⁵⁰ Często firmy te mają nieprzejrystą strukturę własnościową lub historyczne powiązania z rosyjskim państwem lub kompleksem wojskowo-przemysłowym (np. powiązania między IQ Components a Incotech, której współzałożyciel jest objęty sankcjami USA).⁵⁰

Po stronie zagranicznej również zidentyfikowano konkretnych pośredników. Przykłady obejmują firmy z Hongkongu, takie jak **Asia Pacific Links** i **Sinno Electronics** (ta

druga objęta sankcjami USA)¹¹, estońską **Elmec Trade OU**, niemiecką **Hydro-Funk** czy turecką **Margiana Insaat Diş Ticaret Limited Şirketi**.¹⁵ W proceder zaangażowane są również osoby fizyczne, jak Igor Kazhdan, obywatel Rosji i USA, którego firma na Florydzie dostarczała komponenty do SMT-iLogic.³ Istnienie tych konkretnych podmiotów i udokumentowane powiązania między nimi (np. finansowanie SMT-iLogic przez STC)¹¹ wskazują na celowo tworzone, rozbudowane sieci mające na celu ukrycie rzeczywistego odbiorcy i pochodzenia towarów.

D. Taktyki obchodzenia sankcji

Rosja stosuje zróżnicowany wachlarz taktyk w celu obejścia międzynarodowych kontroli eksportu i sankcji. Metody te świadczą o dużej zdolności adaptacyjnej i dogłębnym zrozumieniu mechanizmów handlu międzynarodowego oraz jego słabości:

- **Wykorzystanie krajów pośredniczących:** Najbardziej podstawowa metoda polega na kierowaniu zamówień przez kraje, które nie stosują sankcji lub ich nie egzekwują.⁷
- **Tworzenie firm-krzaków:** Zakładanie firm fasadowych (shell companies), często istniejących tylko przez krótki czas ("firmy jednodniowe"), aby ukryć rzeczywistego beneficjenta transakcji.⁷
- **Fałszowanie dokumentacji celnej:** Ukrywanie lub zmienianie danych w deklaracjach celnych, w tym stosowanie nieprawidłowych kodów HS lub opisu towaru, aby uniknąć kontroli.⁷
- **Fałszywe operacje tranzytowe:** Deklarowanie towarów jako tranzyt przez Rosję do innego kraju, podczas gdy w rzeczywistości są one rozładowywane w Rosji.⁷
- **Dywersyfikacja dostawców i pośredników:** Rozpraszanie zamówień przez wielu różnych dostawców i pośredników, aby utrudnić wykrycie wzorców i powiązań.⁷
- **Wykorzystanie publicznie dostępnych rynków:** Pozyskiwanie komponentów, zwłaszcza tych o niższym stopniu kontroli, za pośrednictwem globalnych platform handlowych i dystrybutorów elektroniki.⁷
- **Wykorzystanie klasyfikacji podwójnego zastosowania:** Skupianie się na komponentach klasyfikowanych jako cywilne lub podwójnego zastosowania (np. EAR99 w systemie amerykańskim), które podlegają mniej rygorystycznym kontrolom eksportu niż towary czysto wojskowe.¹⁵

Skuteczność tych taktyk potwierdza utrzymujący się wysoki poziom importu. Rosja demonstruje zdolność do elastycznego reagowania na wprowadzane ograniczenia, wykorzystując luki prawne, słabości w egzekwowaniu przepisów, nieprzejrzyste struktury korporacyjne i złożoność globalnego handlu.

E. Tabela: Kluczowe kraje i firmy pośredniczące w łańcuchu dostaw

komponentów do rosyjskich dronów

Rola	Nazwa	Znane Powiązania	Główne Kraje Źródłowe	Odniesienia Snippetów
Kraj Pośredniczący	Chiny / Hongkong	Główny hub tranzytowy dla większości komponentów	USA, UE, Szwajcaria	7
Kraj Pośredniczący	Turcja	Istotny hub tranzytowy	USA, UE	7
Kraj Pośredniczący	Zjednoczone Emiraty Arabskie (ZEA)	Istotny hub tranzytowy	USA, UE	7
Kraj Pośredniczący	Kazachstan / Kraje EAEU	Hub tranzytowy	USA, UE	7
Rosyjski Importer	SMT-iLogic	Komponenty do Orłan (powiązany z STC)	USA, UE, Hongkong	3
Rosyjski Importer	IQ Components / Incotech	Elektronika ogólna (powiązany z przem. zbroj.)	USA (ADI, TI, Xilinx)	50
Rosyjski Importer	Kvazar	Elektronika ogólna (ADI)	USA, Chiny, Tajlandia, Estonia	50
Rosyjski Importer	VMK / Testkomplekt	Elektronika ogólna	USA, Chiny, Hongkong	50
Rosyjski Importer	Entep / Legion Komplekt	Silniki do Lancet	Czechy	15
Zagraniczny	Asia Pacific	Dostawy do	Hongkong	11

Pośrednik	Links Ltd.	SMT-iLogic		
Zagraniczny Pośrednik	Sinno Electronics Co., Ltd.	Dostawy do SMT-iLogic (objęta sankcjami USA)	Hongkong	11
Zagraniczny Pośrednik	Elmec Trade OU	Dostawy elektroniki do Kvazar	Estonia	50
Zagraniczny Pośrednik	Hydro-Funk GmbH	Dostawy silników do Legion Komplekt	Niemcy	15
Zagraniczny Pośrednik	Margiana İnşaat Diş Ticaret Limited Şirketi	Dostawy chipów Xilinx do SMT iLogic	Turcja	50
Zagraniczny Pośrednik	Firma Igora Kazhdana (IK Tech Inc.)	Dostawy do SMT-iLogic	USA (Floryda)	3

Tabela ta systematyzuje informacje o kluczowych aktorach i lokalizacjach zaangażowanych w nielegalne łańcuchy dostaw, tworząc mapę sieci wykorzystywanej przez Rosję. Wskazuje ona na koncentrację aktywności w określonych krajach i identyfikuje konkretne podmioty, które mogą stać się celem dalszych dochodzeń lub sankcji.

F. Wykres: Trendy wartości importu krytycznych komponentów do Rosji

(Uwaga: Ze względu na ograniczenia formatu tekstowego, poniżej przedstawiono opis wykresu, który mógłby zostać stworzony na podstawie danych. W pełnym raporcie byłby to element graficzny.)

Wykres liniowy lub słupkowy przedstawiający miesięczną lub kwartalną wartość importu do Rosji towarów objętych kodami HS powiązanymi z komponentami krytycznymi (lub węższą kategorią komponentów do UAV, jeśli dostępne są takie dane) w okresie od początku 2022 roku do końca 2023 roku lub początku 2024 roku. Wykres powinien wyraźnie pokazywać:

1. Poziom importu tuż przed pełnoskalową inwazją (styczeń-luty 2022).

2. Gwałtowny spadek wartości importu w drugim kwartale 2022 roku, bezpośrednio po nałożeniu szerokich sankcji.
3. Stopniowe odbicie i wzrost wartości importu od trzeciego kwartału 2022 roku, osiągający lub przewyższający poziomy przedwojenne w 2023 roku.
4. (Opcjonalnie, jeśli dane są dostępne) Ewentualny ponowny spadek w 2024 roku, sugerujący potencjalne zaostrzenie kontroli lub inne czynniki.

Taki wykres wizualnie potwierdziłby ilościową skalę przepływu komponentów oraz dynamikę wpływu sankcji i rosyjskiej adaptacji w czasie, dostarczając przekonującego dowodu na odporność (lub ewentualne niedawne osłabienie) łańcucha dostaw.

VII. Analiza i implikacje

A. Wpływ zagranicznych komponentów na zdolności rosyjskich dronów

Obecność zaawansowanych zagranicznych komponentów w rosyjskich dronach nie jest jedynie ciekawostką techniczną – ma ona bezpośredni i znaczący wpływ na ich zdolności bojowe i skuteczność na polu walki. Przykładowo:

- **Orłan:** Zastosowanie zachodnich systemów optycznych (np. kamery Canon, termowizja Lynred) i modułów nawigacyjnych (u-blox) umożliwia precyzyjne rozpoznanie, identyfikację celów i korygowanie ognia artylerii w czasie rzeczywistym, co drastycznie skraca czas reakcji rosyjskich sił.³ Bez tych komponentów Orłan byłby znacznie mniej dokładny i efektywny.
- **Lancet:** Amerykańskie moduły AI (Nvidia Jetson TX2) i układy SoC (Xilinx Zynq) nadają Lancetowi zdolność do autonomicznego wyszukiwania, rozpoznawania i śledzenia celów, w tym ruchomych.¹⁵ Szwajcarskie moduły nawigacyjne u-blox z funkcjami antyzakłóceniovymi zwiększają jego odporność na środki walki radioelektronicznej.¹⁵ Te importowane technologie przekształcają Lanceta z prostej amunicji krążącej w wysoce precyzyjną i trudną do zwalczenia broń.
- **Shahed/Gieran-2:** Choć postrzegany jako prostszy dron, jego niezawodność, zasięg i zdolność do precyzyjnego trafiania w zaprogramowane cele opierają się na szerokiej gamie zachodniej elektroniki (procesory TI, mikrokontrolery, itp.).⁵ Irański moduł antyzakłóceniovowy Nasir, kluczowy dla pokonywania ukraińskiej obrony EW, sam również bazuje na zachodnich komponentach.²¹ Ewolucja w kierunku dodawania kamer⁴⁰ dodatkowo zwiększa potencjalne zagrożenie, ale również zależność od importu.

Gdyby Rosja była zmuszona polegać wyłącznie na technologiach dostępnych krajowo, jej drony byłyby prawdopodobnie znacznie mniej zaawansowane, mniej precyzyjne, mniej niezawodne i bardziej podatne na środki zaradcze. Zależność od importu jest

więc ceną, jaką Rosja płaci za utrzymanie konkurencyjnych zdolności w tej kluczowej dziedzinie współczesnej wojny.

B. Słabości i mocne strony rosyjskiego łańcucha dostaw

Analiza rosyjskiego łańcucha dostaw komponentów do dronów ujawnia paradoksalną sytuację. Z jednej strony, fundamentalna **słabość** leży w głębokiej i trwałej zależności od zagranicznych, głównie zachodnich, technologii w krytycznych obszarach, takich jak mikroelektronika, sensory, nawigacja i specjalistyczne silniki.⁷ Ta zależność stanowi strategiczną piętę achillesową, potencjalnie podatną na skuteczne sankcje i kontrole eksportu.

Z drugiej strony, Rosja wykazała imponującą **siłę** w adaptacji i budowaniu odporności swojego łańcucha dostaw. Po początkowym szoku wywołanym sankcjami, szybko zidentyfikowała i wykorzystwała alternatywne kanały zaopatrzenia, opierając się na globalnych rynkach, krajach pośredniczących (zwłaszcza Chinach) oraz skomplikowanych sieciach firm fasadowych i pośredników.⁷ Rosyjskie wysiłki na rzecz zwiększenia krajowej produkcji i montażu (np. Orłanów w STC, Shahedów w Ałabudze)³ również przyczyniają się do zwiększenia wolumenu dostępnych systemów, jednak nie eliminują one fundamentalnej zależności od importowanych rdzennych technologii. Nawet drony montowane w Rosji, jak Gieran-2, nadal wymagają stałego dopływu kluczowych komponentów elektronicznych z zagranicy.²¹

Ta hybrydowa strategia – połączenie własnych platform i montażu z importowanymi krytycznymi technologiami pozyskiwanymi poprzez złożone, często nielegalne sieci – okazała się dotychczas skuteczna w utrzymaniu i rozwijaniu rosyjskich zdolności w zakresie UAV, pomimo międzynarodowej presji.

C. Skuteczność sankcji i kontroli eksportu

Obecny reżim sankcji i kontroli eksportu nałożony na Rosję przyniósł mieszane rezultaty w kontekście komponentów do dronów. Z jednej strony, udało się znacząco ograniczyć lub całkowicie zablokować bezpośredni legalny handel wrażliwymi technologiami z krajów koalicji sankcyjnej do Rosji.²⁴ Spowodowało to początkowe zakłócenia i zmusiło Rosję do poszukiwania alternatywnych rozwiązań.

Jednakże, sankcje okazały się w dużej mierze **nieskuteczne** w powstrzymaniu pośrednich przepływów komponentów przez kraje trzecie.⁷ Główne wyzwania obejmują:

- **Problem towarów podwójnego zastosowania:** Wiele kluczowych komponentów

(mikroprocesory, czujniki) ma zarówno zastosowania cywilne, jak i wojskowe, co utrudnia ich ścisłą kontrolę, zwłaszcza gdy są klasyfikowane jako mniej wrażliwe (np. EAR99).¹⁵

- **Złożoność globalnych łańcuchów dostaw:** Śledzenie komponentów przez wielu dystrybutorów i pośredników w różnych jurysdykcjach jest niezwykle trudne.
- **Luki w egzekwowaniu prawa:** Brak wystarczających zasobów lub woli politycznej w niektórych krajach pośredniczących do monitorowania i blokowania reeksportu towarów objętych sankcjami do Rosji.
- **Adaptacyjne taktyki Rosji:** Wykorzystanie firm fasadowych, fałszowanie dokumentacji i inne metody opisane wcześniej skutecznie maskują rzeczywiste transakcje.⁷

W rezultacie, pomimo formalnych ograniczeń, Rosja nadal uzyskuje dostęp do ogromnej większości potrzebnych jej zagranicznych komponentów, co podważa skuteczność obecnych środków kontroli.

D. Wymiary geopolityczne

Problem przepływu zachodnich technologii do rosyjskich dronów ma istotne implikacje geopolityczne. Kluczową rolę odgrywają tu kraje pośredniczące, a zwłaszcza **Chiny**.⁷ Umożliwiając tranzyt i reeksport komponentów, kraje te, świadomie lub nieświadomie, wspierają rosyjski wysiłek wojenny i osłabiają skuteczność zachodnich sankcji. Postawa Chin, które oficjalnie deklarują neutralność, ale w praktyce stały się głównym kanałem zaopatrzenia dla rosyjskiego przemysłu zbrojeniowego (również w zakresie innych towarów podwójnego zastosowania, jak obrabiarki CNC ²⁴), jest szczególnie problematyczna.

Działania krajów takich jak Turcja czy ZEA również budzą zaniepokojenie i wskazują na potrzebę silniejszej presji dyplomatycznej oraz potencjalnego rozszerzenia sankcji wtórnych na podmioty ułatwiające omijanie restrykcji. Sytuacja ta uwypukla podziały w społeczności międzynarodowej i trudności w budowaniu jednolitego frontu przeciwko rosyjskiej agresji. Podważa również zasady globalnego handlu technologiami i stwarza precedensy, które mogą być wykorzystywane w przyszłych konfliktach. Kwestia ta staje się elementem szerszej rywalizacji geopolitycznej i technologicznej między Zachodem a Rosją i jej partnerami.

VIII. Wnioski i rekomendacje

A. Podsumowanie ustaleń

Analiza jednoznacznie wykazała wszechobecną i krytyczną zależność kluczowych

rosyjskich dronów bojowych – Orłan, Lancet i Shahed/Gieran-2 – od zagranicznych komponentów, zwłaszcza pochodzących z krajów zachodnich. Dotyczy to fundamentalnych systemów, takich jak procesory, mikrokontrolery, moduły nawigacyjne (w tym te z funkcjami antyzakłóceniovymi), systemy optyczne (kamery dzienne i termowizyjne), specjalistyczne silniki oraz szeroka gama innych elementów elektronicznych. Te importowane technologie bezpośrednio przekładają się na zwiększoną skuteczność rosyjskich dronów na polu walki, umożliwiając precyzyjne rozpoznanie, autonomiczne celowanie i odporność na środki zaradcze.

Pomimo nałożonych sankcji i kontroli eksportu, Rosja z powodzeniem zaadaptowała swoje łańcuchy dostaw, wykorzystując złożone sieci pośredników, firmy fasadowe oraz kraje trzecie – z Chinami i Hongkongiem na czele – do pozyskiwania niezbędnych komponentów. Skala tego importu pozostaje znacząca, co podważa skuteczność obecnych reżimów sankcyjnych w odcięciu Rosji od kluczowych technologii. Rosyjska strategia hybrydowa, łącząca własne platformy i montaż z importowanymi technologiami rdzeniowymi, pozwala na utrzymanie i rozwijanie zdolności w zakresie UAV pomimo ograniczeń.

B. Rekomendacje działań

W celu skuteczniejszego ograniczenia dostępu Rosji do zagranicznych komponentów wykorzystywanych w produkcji dronów i innego uzbrojenia, konieczne jest podjęcie wielopłaszczyznowych działań:

1. Wzmocnienie i harmonizacja kontroli eksportu:

- Należy dążyć do pełnej harmonizacji list sankcyjnych, zwłaszcza w zakresie towarów podwójnego zastosowania, pomiędzy wszystkimi krajami koalicji. Ujednolicenie list w oparciu o międzynarodowy system kodów celnych (HS) ułatwi egzekwowanie przepisów.⁷
- Konieczne jest rozszerzenie kontroli na szerszą gamę komponentów, które, choć mogą wydawać się standardowe, są masowo wykorzystywane przez rosyjski przemysł zbrojeniowy. Należy regularnie aktualizować listy towarów priorytetowych w oparciu o analizę przechwyconego sprzętu.
- Należy rozważyć wprowadzenie bardziej rygorystycznych kontroli eksportu, w tym wymogu uzyskania licencji, dla szerszej gamy komponentów elektronicznych i sensorów kierowanych do krajów zidentyfikowanych jako kluczowe węzły tranzytowe dla Rosji.

2. Zwiększenie należytej staranności i zgodności w korporacjach:

- Producenci, zwłaszcza w sektorze mikroelektroniki, sensorów i silników, muszą wdrożyć bardziej rygorystyczne procedury weryfikacji klientów (Know Your

Customer - KYC) i monitorowania końcowego wykorzystania (end-use monitoring), szczególnie w przypadku sprzedaży za pośrednictwem dystrybutorów lub do jurysdykcji wysokiego ryzyka.⁷

- Należy promować, tam gdzie to możliwe, model sprzedaży bezpośredniej krytycznych komponentów, co pozwala na lepszą kontrolę nad odbiorcą końcowym.²¹
- Kluczowe jest zacieśnienie współpracy i wymiany informacji między przemysłem a organami rządowymi odpowiedzialnymi za egzekwowanie sankcji, aby szybko identyfikować podejrzaną transakcje i podmioty.⁷

3. **Ukierunkowane działania przeciwko sieciom pośredniczącym:**

- Należy prowadzić skoordynowane działania (w tym sankcje i postępowania karne) przeciwko konkretnym firmom i osobom fizycznym zidentyfikowanym jako pośrednicy w nielegalnych dostawach do Rosji, działającym zarówno w Rosji, jak i w krajach trzecich (Chiny, Hongkong, ZEA, Turcja, Estonia itd.).⁷
- Należy zwiększyć nadzór nad transakcjami finansowymi powiązanymi z tymi podmiotami, aby utrudnić finansowanie nielegalnego handlu.

4. **Presja dyplomatyczna na kraje tranzytowe:**

- Konieczne jest prowadzenie stałego dialogu i wywieranie presji dyplomatycznej na rządy krajów odgrywających kluczową rolę w transzycie (zwłaszcza Chiny, Turcja, ZEA), aby skłonić je do zaostrzenia kontroli nad reeksporem i transshipmentem wrażliwych technologii do Rosji.

5. **Ciągłe monitorowanie i dochodzenia:**

- Niezbędne jest kontynuowanie badań, gromadzenia danych wywiadowczych i analizy technicznej przechwyconego rosyjskiego sprzętu wojskowego. Pozwoli to na śledzenie ewolucji rosyjskich taktyk omijania sankcji, identyfikację nowych komponentów i dostawców oraz bieżące dostosowywanie strategii przeciwdziałania.⁷

Tylko kompleksowe i skoordynowane podejście, obejmujące zarówno zaostrzenie regulacji, jak i wzmocnienie egzekwowania prawa oraz współpracę międzynarodową i z sektorem prywatnym, może realnie ograniczyć dostęp Rosji do technologii podtrzymujących jej zdolność do prowadzenia wojny.

Cytowane prace

1. Drony na wojnie w Ukrainie - przegląd konstrukcji - Świat Dronów, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://www.swiatdronow.pl/drony-na-wojnie-w-ukrainie-przeglad-konstrukcji>
2. Dron remedium na drony? Ukraińcy wyłupiają rosyjskie oczy | Portal Biznes Alert, otwierano: kwietnia 24, 2025,

- <https://biznesalert.pl/drony-ukraina-rosja-bezpieczenstwo/>
3. Russia's Killer Orlan Drone and Its Western-Manufactured ..., otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://united24media.com/war-in-ukraine/russias-killer-orlan-drone-and-its-western-manufactured-components-3265>
 4. Exclusive Report: Russia Launches Over 2800 Lancet Drones Targeting Ukrainian Artillery with 77.7% Hit Rate - Army Recognition, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://armyrecognition.com/focus-analysis-conflicts/army/conflicts-in-the-world/russia-ukraine-war-2022/exclusive-report-russia-launches-over-2800-lancet-drones-targeting-ukrainian-artillery-with-77-7-hit-rate>
 5. HESA Shahed 136 - Wikipedia, otwierano: kwietnia 24, 2025,
https://en.wikipedia.org/wiki/HESA_Shahed_136
 6. Shahed-136/Geran-2 loitering munition | Automated Decision Research, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://automatedresearch.org/weapon/shahed-136-geran-2-loitering-munition/>
 7. FOREIGN COMPONENTS IN RUSSIAN MILITARY DRONES | KSE Sanctions, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://sanctions.kse.ua/wp-content/uploads/2024/01/230828-Drones.pdf>
 8. Foreign Components in Russian Military Drones - Kyiv School of Economics, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://kse.ua/about-the-school/news/foreign-components-in-russian-military-drones/>
 9. Ukraina ma nowy bat na rosyjskie drony. Może go przenosić każdy żołnierz, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://www.komputerswiat.pl/aktualnosci/militaria/ukraina-ma-nowy-bat-na-rosyjskie-drony-moze-go-przenosic-kazdy-zolnierz/tk0zejs>
 10. Ukraina: Rosjanie używają do ataków niezidentyfikowanych dronów - Defence24.pl, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/ukraina-rosjanie-uzywaja-do-atakow-niezidentyfikowanych-dronow>
 11. The Orlan Complex: Tracking the Supply Chains of Russia's Most Successful UAV - Interactive Summary | Royal United Services Institute - RUSI, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/orlan-complex-tracking-supply-chains-russias-most-successful-uav/interactive-summary>
 12. Lancet 3: Russia's Spear in the Sky - Grey Dynamics, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://greydynamics.com/lancet-3-russias-spear-in-the-sky/>
 13. Explainer: Iran's cheap, effective Shahed drones and how Russia uses them in Ukraine, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://kyivindependent.com/explainer-irans-cheap-effective-shahed-drones-and-how-russia-uses-them-in-ukraine/>
 14. Zajrzeli do rosyjskiego drona. Czegoś takiego się nie spodziewali - WP Tech, otwierano: kwietnia 24, 2025,
<https://tech.wp.pl/zajrzeli-do-rosyjskiego-drona-czegos-takiego-sie-nie-spodziewali.7087219179154112a>

15. Czech engines, US electronics. How the Russian-made Lancet ..., otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://www.pravda.com.ua/eng/articles/2023/08/28/7417354/>
16. Russian drone manufacturer 'Orlan-10' ramps up production despite sanctions, Inform Napalm reports - Euromaidan Press, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://euromaidanpress.com/2024/01/13/russian-drone-manufacturer-orlan-10-ramps-up-production-despite-sanctions-inform-napalm-reports/>
17. Russian drone Orlan-10 consists of parts produced in the USA and ..., otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://informnapalm.org/en/russian-drone-orlan-10-consists-of-parts-produced-in-the-usa-and-other-countries-photo-evidence/>
18. Media: Western companies supply Russia with components for "Orlan-10" drones, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://babel.ua/en/news/88265-media-western-companies-supply-russia-with-components-for-orlan-10-drones>
19. ZALA Lancet - Wikipedia, otwierano: kwiecień 24, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/ZALA_Lancet
20. Russian Lancet-3 Kamikaze Drone Filled with Foreign Parts: | Institute for Science and International Security, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://isis-online.org/isis-reports/detail/russian-lancet-3-kamikaze-drone-filled-with-foreign-parts/>
21. Electronics in the Shahed-136 Kamikaze Drone | Institute for ..., otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://isis-online.org/isis-reports/detail/electronics-in-the-shahed-136-kamikaze-drone>
22. WINGS OF WAR, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://nako.org.ua/storage/pdf/2024-10-22--11:49:53-Wings%20of%20war%20final%20with%20qr.pdf>
23. Russia: Two-thirds of foreign components in drones used in attacks on Ukraine originate from US, new research shows revealing gaps in sanctions regime - Business & Human Rights Resource Centre, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/russia-two-thirds-of-foreign-components-in-drones-used-in-attacks-on-ukraine-originate-from-us-new-research-shows-revealing-gaps-in-sanctions-regime/>
24. Special Report: Unveiling Western Business Implications in the Russian Defence Industry's Supply Chains - NATO Association of Canada, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://natoassociation.ca/unveiling-western-business-implications-in-the-russian-defence-industrys-supply-chains/>
25. Crafting the Russian War Economy: The Effects of Export Controls on Russia's Defense Industrial Production - CNA Corporation, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://www.cna.org/reports/2024/10/Crafting-the-Russian-War-Economy.pdf>
26. US-made dual-use microchips continue to be imported to Russia for military application despite export controls & sanctions, customs data shows; incl. comments, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/us-made-dual-use-micro>

- [chips-continue-to-be-imported-to-russia-for-missiles-production-despite-export-control-sanctions-customs-data-shows-incl-cos-comments/](#)
27. Why Russia Has Been So Resilient to Western Export Controls, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://carnegieendowment.org/2024/03/11/why-russia-has-been-so-resilient-to-western-export-controls-pub-91894>
 28. STC Orlan-10 - Wikipedia, otwierano: kwiecień 24, 2025,
https://en.wikipedia.org/wiki/STC_Orlan-10
 29. Orlan-10 Uncrewed Aerial Vehicle (UAV) - Airforce Technology, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://www.airforce-technology.com/projects/orlan-10-unmanned-aerial-vehicle-uav/>
 30. Russia Struggling To Integrate Its Most Effective Unmanned System - tradoc g2, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://oe.tradoc.army.mil/product/russia-struggling-to-integrate-its-most-effective-unmanned-system/>
 31. Orlan-10: A UAV for reconnaissance and electronic warfare - Spec Ops Magazine, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://combatoperators.com/vehicles/air/uav/orlan-10/>
 32. Orlan-10 - Wikipedia, wolna encyklopedia, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Or%C5%82an-10>
 33. ZALA Lancet drone: the spear of the 21st century, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://zala-aero.com/en/news/udarnyj-bespilotnik-zala-lancet-kope-xxi-veka/>
 34. SensusQ analysis on the ZALA Lancet, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://www.sensusq.com/blog/286294ac-9ded-414e-8d32-d8a23ea2ec83>
 35. Unmanned Aircraft Systems Zala Aero Group.pdf, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://kalashnikovgroup.ru/upload/iblock/72c/Unmanned%20Aircraft%20System%20Zala%20Aero%20Group.pdf>
 36. NACP replenished the database of foreign components in weapons with parts of the Russian Lancet strike UAV, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://nazk.gov.ua/en/nacp-replenished-the-database-of-foreign-components-in-weapons-with-parts-of-the-russian-lancet-strike-uav/>
 37. Russia-1 TV Report Highlights Increased Production of ZALA Lancet Kamikaze Drones, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://www.suasnews.com/2023/08/russia-1-tv-report-highlights-increased-production-of-zala-lancet-kamikaze-drones/>
 38. HESA Shahed 136/Geran 2 Iranian Terror Drone Russo-Ukraine War Planet 1/48 Resin, otwierano: kwiecień 24, 2025, <https://www.ebay.com/itm/167128515045>
 39. Rosyjskie naloty przy pomocy dronów. Problem robi się coraz poważniejszy i nas też może dotknąć | Wiadomości ze świata, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://wiadomosci.gazeta.pl/wiadomosci/7,114881,31877864,nad-ukraina-robi-sie-gesto-od-rosyjskich-szahedow-my-tez-musielibysmy.html>
 40. Russia's latest Shahed drone exposes new threat in Sumy strike - Bulgarian Military, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://bulgarianmilitary.com/2025/04/19/russias-latest-shahed-drone-exposes-n>

[ew-threat-in-sumy-strike/](#)

41. Russia's Iranian-Made UAVs: A Technical Profile | Royal United Services Institute - RUSI, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/russias-iranian-made-uavs-technical-profile>
42. Russia doubles down on the Shahed - The International Institute for Strategic Studies, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://www.iiss.org/online-analysis/military-balance/2025/04/russia-doubles-down-on-the-shahed/>
43. Alabuga's Shahed 136 (Geran 2) Warheads: A Dangerous Escalation | Institute for Science and International Security - isis-online.org, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://isis-online.org/isis-reports/detail/alabugas-shahed-136-geran-2-warheads-a-dangerous-escalation/8>
44. Our First Look Inside Russia's Shahed-136 Attack Drone Factory - The War Zone, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://www.twz.com/news-features/our-first-look-inside-russias-shahed-136-attack-drone-factory>
45. Ukraina uderzyła w rosyjski skład dronów - Defence24.pl, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/ukraina-uderzyla-w-rosyjski-sklad-dronow>
46. Russian Shahed-136 With Camera, Cellular Modem Could Be A Big Problem For Ukraine, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://www.twz.com/news-features/russian-shahed-136-with-camera-cellular-modem-could-be-a-big-problem-for-ukraine>
47. Russian Orlan-10 drone features a Canon camera, duct tape, and bottle top - DroneXL, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://dronexl.co/2022/04/12/russian-orlan-10-drone-canon-camera/>
48. Orlan-10 Unmanned Aerial Vehicle (UAV) | Thai Military and Asian Region, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://thaimilitaryandasianregion.wordpress.com/2017/03/25/thailand-to-send-request-for-procurement-of-orlan-drones-from-russia/>
49. Swiss chips not vital to Lancet drone production: Russia military expert - SWI swissinfo.ch, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://www.swissinfo.ch/eng/business/swiss-chips-not-vital-to-lancet-drone-production-russia-military-expert/48965816>
50. A loophole in the sanctions - Бєпсрка, otwierano: kwiecień 24, 2025,
<https://verstka.media/en/a-loophole-in-the-sanctions-sanctioned-goods-of-almost-all-types-worth-billions-of-dollars-are-imported-into-russia>
51. GUIDELINES, otwierano: kwiecień 24, 2025,
https://mil.ee/wp-content/uploads/2024/10/2023_Ukrainian-handbook-C-UAS-ON-IRANIAN-MADE-SHAHED-136-GERAN-2-AND-LANCET-2-ASSOCIATION-AIRCRAFT.pdf
52. Some views on the detection and determination of unmanned aerial vehicle of the shahed-136 (geran-2) type, otwierano: kwiecień 24, 2025,

<https://psssj.eu/index.php/ojsdata/article/download/103/124/332>

53. Russia's imports of military and dual-use components resumed in 2023 - Militarnyi, otwierano: kwietnia 24, 2025, <https://mil.in.ua/en/news/russia-s-imports-of-military-and-dual-use-components-resumed-in-2023/>
54. Tightening loopholes: Russia finally sees sharp drop in restricted industrial imports propping up its military-industrial complex - The Insider, otwierano: kwietnia 24, 2025, <https://theins.ru/en/inv/280451>
55. Why China's UAV Supply Chain Restrictions Weaken Ukraine's Negotiating Power - CSIS, otwierano: kwietnia 24, 2025, <https://www.csis.org/analysis/why-chinas-uav-supply-chain-restrictions-weaken-ukraines-negotiating-power>