

Fabian Kobalczyk-Gruda*

DEGRADACJA TECHNOLOGICZNA NA POLU WALKI W KONTEKŚCIE DYNAMICZNEGO ROZWOJU TECHNOLOGII: ANALIZA NA PRZYKŁADZIE WOJNY NA UKRAINIE

Streszczenie

W artykule przedstawiono zjawisko degradacji technologicznej na współczesnym polu walki, ze szczególnym uwzględnieniem wojny na Ukrainie jako studium przypadku. Zwrócono uwagę na kluczowe tendencje i czynniki prowadzące do degradacji technologicznej, takie jak ograniczenia produkcyjne, dostępność zasobów oraz dynamika rozwoju technologii wojskowych. Opisano procesy towarzyszące temu zjawisku oraz jego konsekwencje dla skuteczności działań zbrojnych. Celem badań była analiza mechanizmów degradacji technologicznej w kontekście wykorzystania nowoczesnych technologii wojskowych. Wyniki wskazują, że degradacja technologiczna wynika z wielowymiarowych uwarunkowań, obejmujących zarówno aspekty logistyczne, jak i adaptacyjne, wpływające na zdolność prowadzenia efektywnych operacji militarnych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, technologia, wojna, wojskowość

Wstęp

Ostatnie 120 lat historii charakteryzuje się zmianami w zakresie wykorzystania technologii w działaniach zbrojnych. Współczesne rozwiązania technologiczne znacząco zwiększają skuteczność operacji wojskowych, oferując przewagę strategiczną na polu walki. Jednocześnie ich rozwój wiąże się z ogromnym wysiłkiem naukowców, inżynierów i specjalistów odpowiedzialnych za wdrażanie oraz eksploatację zaawansowanych systemów. Inwestycje w nowoczesne technologie militarne wymagają od państw znacznych nakładów finansowych, infrastrukturalnych i organizacyjnych. Warunkiem koniecznym jest dostęp do odpowiednich surowców, rozwiniętych zdolności produkcyjnych, złożonych łańcuchów dostaw

* Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, e-mail: fabiankob@o2.pl, ORCID: 0009-0001-5750-7086.

oraz wyspecjalizowanych ośrodków szkoleniowych. Pomimo znaczących korzyści płynących z technologicznej dominacji, koszty związane z opracowaniem, wdrożeniem i utrzymaniem takich rozwiązań mogą być istotnym ograniczeniem dla wielu państw.

Celem niniejszego opracowania jest analiza mechanizmów degradacji technologicznej w kontekście wykorzystania nowoczesnych technologii wojskowych na przykładzie konfliktu na Ukrainie. Rozważania te pozwolą na odpowiedź na kluczowe pytania badawcze:

- Jakie są przyczyny degradacji technologicznej w wojnie na Ukrainie?

- Jakie czynniki sprzyjają degradacji technologicznej na współczesnym polu walki?

- Jakie są konsekwencje tego zjawiska dla współczesnych sił zbrojnych?

Analiza konfliktu na Ukrainie pozwala nie tylko na zrozumienie istoty degradacji technologicznej, ale także na wyciągnięcie wniosków dotyczących jej wpływu na przyszłe konflikty zbrojne oraz planowanie strategiczne i operacyjne.

Tło teoretyczne i koncepcje

Degradacja technologiczna w kontekście wojskowości oznacza proces, w wyniku którego systemy, technologie lub urządzenia wojskowe tracą swoją skuteczność operacyjną, zdolności bojowe lub aktualność w stosunku do rozwijających się zagrożeń, nowych technologii czy wymagań operacyjnych. Degradacja technologiczna wynika z czynników intencjonalnych i nieintencjonalnych, które różnią się charakterem i uwarunkowaniami.

Czynniki intencjonalne odnoszą się do sytuacji, w których świadomie rezygnuje się z zaawansowanych technologii na rzecz alternatywnych rozwiązań, które mogą być tańsze, prostsze w implementacji lub bardziej adekwatne w określonych warunkach albo w kontekście celów operacyjnych bądź taktycznych. Takie podejście bywa stosowane w przypadku chęci uzyskania asymetrii na polu walki, gdzie innowacyjność polega nie na technologicznym wyrafinowaniu, lecz na dostosowaniu narzędzi i metod do specyficznych wymagań taktycznych. Przykładem może być zastosowanie improwizowanych urządzeń wybuchowych (IED) w konflikcie asymetrycznym, gdzie niskie koszty i prosta konstrukcja są celowo przeciwstawiane wysoce rozwiniętym systemom przeciwnika¹. De-

¹ W. Pawłowski, *Urządzenia i materiały wybuchowe*, „Problemy Współczesnej Kryminalistyki”, 2023, nr 24, s. 61–83.

gradacja technologiczna wynikająca z czynników nieintencjonalnych jest efektem okoliczności niezależnych od świadomej decyzji użytkownika czy organizacji wojskowej. Może ona być spowodowana ograniczeniami finansowymi, które uniemożliwiają modernizację lub zakup nowoczesnych systemów uzbrojenia. Innym istotnym czynnikiem są także zakłócenia w łańcuchach dostaw, prowadzące do trudności w pozyskaniu części zamiennych, aktualizacji oprogramowania czy wsparcia technicznego². Istnieje również możliwość wystąpienia ograniczeń kadrowych. W przypadku rosyjskiego przemysłu zbrojeniowego przewiduje się braki pracowników (ok. 400 tys.)³. W takich przypadkach stosowane są rozwiązania zastępcze, często bazujące na technologiach starszej generacji lub mniej zaawansowanych.

Po zakończeniu zimnej wojny nastąpił dynamiczny rozwój precyzyjnego uzbrojenia, technologii nawigacyjnych i integracji danych na potrzeby działań militarnych. Wojna w Zatoce Perskiej ukazała potencjał broni kierowanej i systemów GPS, co przyczyniło się do ewolucji strategii operacyjnych opartych na sieciocentryczności⁴. Współczesne technologie, takie jak satelity wojskowe, drony oraz sztuczna inteligencja, znacząco zwiększyły efektywność rozpoznania, dowodzenia i prowadzenia operacji na odległość⁵. Równocześnie cyberprzestrzeń stała się nowym polem walki, gdzie kluczowe znaczenie zyskały ataki na infrastrukturę krytyczną oraz działania obronne przed zagrożeniami cyfrowymi.

Asymetria technologiczna odgrywa istotną rolę we współczesnych konfliktach, zwłaszcza w starciach pomiędzy przeciwnikami o nierównym potencjale militarnym. Tanie, improwizowane technologie, takie jak modyfikowane drony cywilne czy zdalnie sterowane ładunki wybuchowe, mogą skutecznie przeciwstawiać się zaawansowanym systemom obronnym⁶. Wysokie koszty systemów przeciwrakietowych sprawiają, że neutralizacja niskobudżetowych zagrożeń staje się problematyczna, co prowadzi do konieczności rewizji tradycyjnych strategii obronnych⁷.

² A. Stepuch, M. Puchała, *Logistyka wojskowa i zabezpieczenie logistyczne na współczesnym polu walki*, „Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie”, 2021, nr 2(33), s. 129–135.

³ M. Marszałkowski, *400 tys. wakatów w rosyjskim sektorze zbrojeniowym*, *Defence24*, <https://defence24.pl>, 28.11.2024 (09.01.2025).

⁴ T. Wójtowicz, *I wojna w Zatoce Perskiej: wojna sieciocentryczna czy klasyczny konflikt zbrojny ery przemysłowej?*, „Wiedza Obronna”, 2012, nr 4, s. 3–14.

⁵ O. Wasiuta, S. Wasiuta, *Encyklopedia bezpieczeństwa*, t. 1, Kraków 2021, s. 849–851.

⁶ R. Rochowicz, *Drony w wojnie Ukrainy z Rosją*, „Problemy Techniki Uzbrojenia”, 2022, nr 51(160), s. 114.

⁷ K. Juszczyk, *Drony w natarciu*, „Domena”, 2022, nr 1, s. 8–12.

Nowe wyzwania wynikające z asymetrii technologicznej uwidaczniają ograniczenia konwencjonalnych systemów wojskowych. Kosztowne platformy bojowe, takie jak czołgi czy myśliwce, mogą być zagrożone przez znacznie tańsze środki ofensywne, co wymusza poszukiwanie bardziej elastycznych i adaptacyjnych rozwiązań. W obliczu szybko zmieniającego się środowiska zagrożeń państwa muszą opracowywać nowe strategie i technologie zdolne do skutecznego przeciwdziałania zarówno konwencjonalnym, jak i improwizowanym metodom walki.

Analiza przypadku: wojna na Ukrainie

Wojna na Ukrainie, rozpoczęta 24 lutego 2022 roku, przybierała różnorodne formy w zależności od etapu konfliktu⁸. Początkowa faza charakteryzowała się wysoką manewrowością, co potwierdza fakt, że siły rosyjskie w krótkim czasie dotarły do kluczowych miast, takich jak Kijów, Charków i Chersoń. Jednak w okresie od 1 stycznia do 31 grudnia 2024 roku linia frontu pozostała zasadniczo niezmieniona pod względem strategicznym, z wyjątkiem lokalnych zmian taktycznych w niektórych regionach.

Wojna rosyjsko-ukraińska ujawnia istotne różnice w doktrynach technologicznych obu stron. Rosja opiera swoje działania na masowym użyciu artylerii, niszczeniu infrastruktury krytycznej oraz intensywnym wykorzystaniu systemów walki elektronicznej, takich jak Krasucha-4, zakłócających łączność i nawigację⁹. Wprowadza zaawansowane systemy rakietowe, w tym broń hipersoniczną Kindżał, oraz drony, m.in. Shahed-136¹⁰. Ukraina, adaptując się do realiów konfliktu, wdrożyła elastyczne strategie zgodne ze standardami NATO, opierając się na precyzyjnej broni zachodniej, takiej jak HIMARS, NASAMS i IRIS-T¹¹. Istotną rolę odgrywa szerokie zastosowanie dronów w operacjach zwiadowczych i ofensywnych, co umożliwia skuteczne prowadzenie działań asymetrycznych przeciwko silniejszemu przeciwnikowi¹².

⁸ Szerzej na ten temat: Z. Wiktor, *Wojna w Ukrainie – przyczyny i skutki po ponad roku trwania*, „Studia Orientalne”, 2023, nr 27(3), s. 30–59.

⁹ P. Reśkiewicz, *Russian anti-access potential (A2 / AD) on the Crimean Peninsula*, „Rocznik Bezpieczeństwa Morskiego”, 2020, nr 14, s. 279.

¹⁰ R. Ciastoń, *Użycie przez Federację Rosyjską pocisków balistycznych i manewrujących w konflikcie ukraińskim*, „Komentarz Międzynarodowy Pułaskiego”, 2022, nr 1, s. 1–7.

¹¹ O. Wasiuta, S. Wasiuta, *Encyklopedia bezpieczeństwa*, t. 3, Kraków 2021, s. 182; M. Piotrowski, *Wyzwania dla sektora zbrojeniowego USA związane ze wsparciem Ukrainy*, „Polski Instytut Spraw Międzynarodowych”, 2023, nr 8(129), s. 2–10.

¹² R. Rochowicz, *op.cit.*, s. 97–116.

Systemy świadomości sytuacyjnej odgrywają ważną rolę w operacjach wojskowych, umożliwiając bieżące monitorowanie i analizę pola walki. Oparte na różnych platformach, takich jak UAV, samoloty rozpoznawcze czy radary aerostatyczne pozwalają na efektywne prowadzenie działań bojowych¹³. W przypadku operacji o dużym zasięgu, zwłaszcza kierowania ogniem artylerii i rakiet, kluczowe znaczenie mają systemy satelitarne. Ukraina, dzięki współpracy ze Stanami Zjednoczonymi, wykorzystuje dane satelitarne do precyzyjnego lokalizowania celów i synchronizacji działań bojowych, co znacząco zwiększa skuteczność jej operacji¹⁴. Rosja dysponuje rozwiniętym systemem satelitarnym obejmującym GLONASS, satelity rozpoznawcze i komunikacyjne, które wspierają precyzyjne uderzenia na infrastrukturę krytyczną¹⁵. Dane satelitarne umożliwiają naprowadzanie systemów artylerii raketowej, takich jak BM-30 Smiercz i Iskander-M, a także pocisków manewrujących Kalibr i Ch-101. Choć rosyjska konstelacja satelitów jest mniejsza i mniej zaawansowana niż amerykańska, pozostaje wystarczająca do realizacji celów strategicznych w konfliktach regionalnych¹⁶.

Wojna rosyjsko-ukraińska była jednym z pierwszych konfliktów, w którym szeroko zastosowano zarówno wojskowe, jak i komercyjne drony, co znacząco wpłynęło na prowadzenie działań bojowych. Istotną rolę odegrał Bayraktar TB2 – turecki dron klasy MALE, charakteryzujący się dużym zasięgiem, długim czasem lotu i zdolnością do precyzyjnych uderzeń przy użyciu pocisków naprowadzanych laserowo. W początkowej fazie konfliktu umożliwił Ukrainie niszczenie rosyjskich kolumn logistycznych i systemów przeciwlotniczych, spowalniając ofensywę przeciwnika. Dzięki zaawansowanym systemom rozpoznawczym Bayraktar TB2 dostarczał również kluczowe dane wywiadowcze w czasie rzeczywistym¹⁷. Z kolei komercyjne drony, takie jak DJI Mavic, choć technologicznie prostsze i o krótszym czasie lotu, odegrały istotną rolę na poziomie taktycznym. Wykorzystywane do rozpoznania,

¹³ D. Kompała, *Użycie bezzałogowych statków powietrznych do rozpoznania powietrznego w wybranych konfliktach zbrojnych*, „Zeszyty Naukowe AON”, 2014, nr 1(94), s. 136–149.

¹⁴ R. Kopeć, *Wykorzystanie systemów orbitalnych w wojnie Rosji z Ukrainą. Między militaryzacją a komercjalizacją kosmosu*, „Roczniki Nauk Społecznych”, 2022, nr 50(4), s. 115–131.

¹⁵ J. Januszewski, *Charakterystyka sygnałów systemów satelitarnych i radionawigacyjnych dziś oraz w przyszłości*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2009, nr 1–2, s. 66–69.

¹⁶ G. Kołata, *Wybrane raketowe środki napadu powietrznego Federacji Rosyjskiej*, „Zeszyty Naukowe AON”, 2015, nr 4(101), s. 96–124.

¹⁷ K. Juszczak, *op.cit.*

korygowania ognia artyleryjskiego i przenoszenia niewielkich ładunków wybuchowych, zapewniały jednostkom piechoty i artylerii większą świadomość sytuacyjną i elastyczność operacyjną. Ich szeroka dostępność i zdolność do lotów na niskiej wysokości utrudniały wykrycie przez systemy obrony przeciwlotniczej. Okazały się pewnego rodzaju alternatywą dla dronów Bayraktar. Podobne rozwiązania stosowała Rosja, wykorzystując komercyjne drony i zaawansowane systemy UAV w swoich operacjach militarnych¹⁸.

Przykładem asymetrycznego rozwiązania w wojnie na Ukrainie jest zastosowanie ręcznych przeciwpancernych pocisków kierowanych, takich jak FGM-148 Javelin, przeciwko rosyjskim czołgom. Pomimo przewagi ilościowej sił rosyjskich, precyzyjne użycie tego uzbrojenia umożliwia skuteczną obronę, choć wymaga dobrze wyszkolonych operatorów i odpowiednich warunków operacyjnych¹⁹. Innym sposobem neutralizacji pojazdów opancerzonych jest improwizowane uzbrojenie, np. tzw. koktajle Mołotowa. Choć nie są one w stanie zniszczyć czołgu, mogą prowadzić do jego unieruchomienia poprzez atak na chłodnicę, włącz kierowcy lub elementy układu jezdnego. Skuteczność tej metody maleje w przypadku nowoczesnych pojazdów ze względu na lepsze zabezpieczenia techniczne²⁰.

Czynniki wpływające na degradację technologiczną

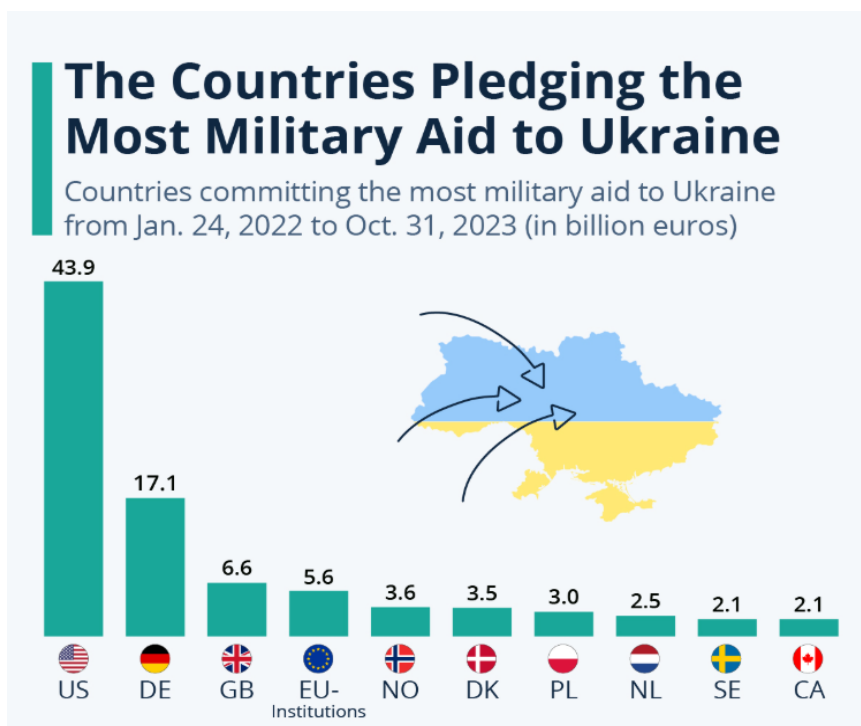
Jednym z kluczowych czynników wpływających na degradację technologiczną w trakcie konfliktów zbrojnych są zjawiska o charakterze nieintencjonalnym. Wojna na Ukrainie stanowi unikalny przykład współczesnych zagrożeń asymetrycznego w konflikcie, w którym znaczące mocarstwo, jakim jest Rosja, dysponujące rozbudowaną siłą militarną oraz największym arsenałem nuklearnym na świecie, prowadzi działania wojenne przeciwko państwu o znacznie mniejszych zasobach, wspieranemu jednak przez kilkadziesiąt innych krajów, w tym globalne supermocarstwo.

¹⁸ I. Danilewicz, *Wojna w Ukrainie. Cywilne drony zmieniają oblicze współczesnego konfliktu. Warto tę wiedzę wykorzystać*, Niebyswałe Suwałki, <https://www.niebywalesuwalki.pl>, 11.09.2023 (09.01.2025); O. Wasiuta, S. Wasiuta, *Encyklopedia bezpieczeństwa*, t. 2, Kraków 2021, s. 177.

¹⁹ T. Smura, *Rosyjska inwazja na Ukrainę – pierwsze wnioski wojskowe*, „Komentarz Międzynarodowy Pułaskiego”, 2023, nr 3, s. 1–8.

²⁰ S. Zagórski, *Koktajl Mołotowa, Prosta, ale niezwykle niebezpieczna broń*, Newswweek, <https://www.newswweek.pl>, 12.03.2022 (09.01.2025).

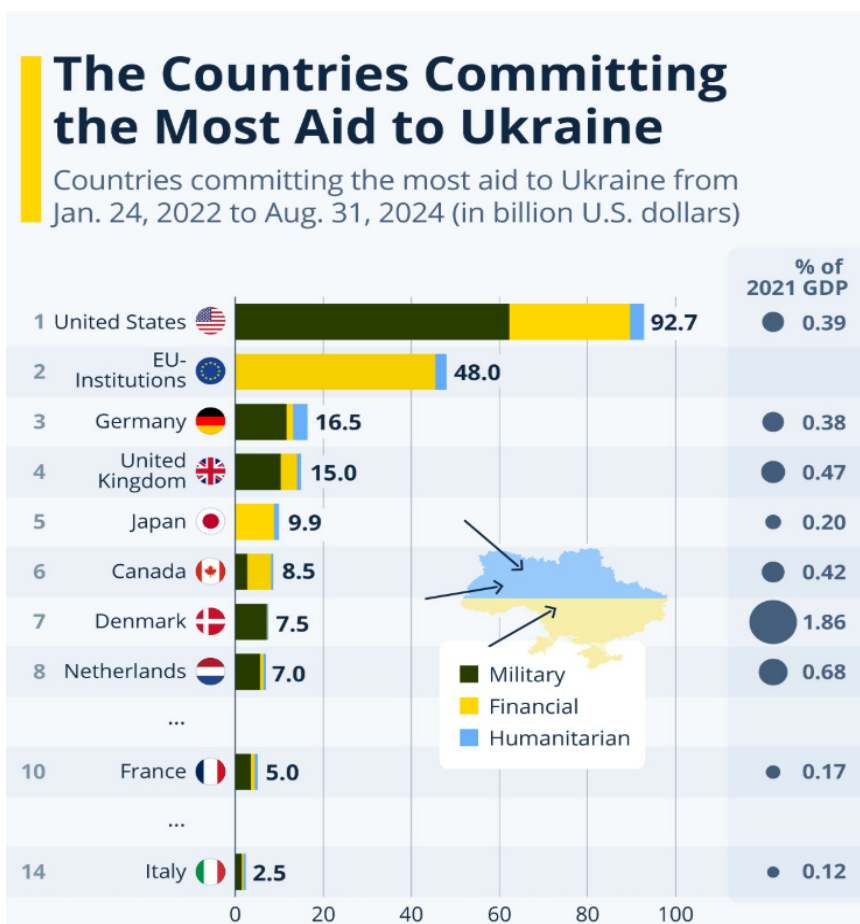
Wsparcie udzielane Ukrainie przez pomagające jej państwa ma charakter pośredni, co oznacza, że ich siły zbrojne oficjalnie nie są obecne na terytorium Ukrainy i nie biorą udziału w działaniach wojennych. Pomoc ta koncentruje się przede wszystkim na transferze środków finansowych, dostawach uzbrojenia, sankcjach wobec Rosji oraz wsparciu humanitarnym. W kontekście analizy tego konfliktu szczególną uwagę należy jednak zwrócić na aspekt militarny, który odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu sytuacji strategicznej²¹. Zestawienia statystyczne dotyczące wsparcia wojskowego ukazują skalę zaangażowania poszczególnych państw oraz zmiany w polityce zagranicznej w czasie trwania konfliktu.



Wykres 1. Kraje udzielające największej pomocy wojskowej Ukrainie (od 24 stycznia 2022 do 31 października 2023 roku)

Źródło: M. Armstrong, *The Countries Pledging the Most Military Aid to Ukraine*, Statista, <https://www.statista.com>, 13.12.2023 (09.01.2025).

²¹ P. Pacek, *Znaczenie wsparcia państw zachodnich i organizacji międzynarodowych dla przebiegu wojny w Ukrainie*, „Wiedza Obronna”, 2023, nr 1(282), s. 77–101.



Wykres 2. Kraje udzielające największej pomocy wojskowej Ukrainie (od 24 stycznia 2022 do 31 sierpnia 2024 roku)

Źródło: K. Buchholz, *The Countries Sending the Most Aid to Ukraine*, Statista, <https://www.statista.com>, 14.02.2025 (20. 02. 2025).

Analiza danych wskazuje na wyraźne zaangażowanie państw wspierających Ukrainę w pierwszych miesiącach konfliktu, co odzwierciedla dynamikę pomocy międzynarodowej w jego początkowej fazie. W sierpniu 2024 roku obserwowano zmianę w poziomie pomocy, która mogła być wynikiem różnic w metodologii uwzględniania środków przeznaczonych na poszczególne formy wsparcia. Ponadto faktyczna skala wsparcia poszczególnych państw (np. Niemiec) bywa kontrowersyjna pod kątem rzeczywistego wsparcia militarnego. Do października 2023 roku Stany Zjednoczone przekazały Ukrainie wsparcie militarne o wartości 43,9 mld

euro, Niemcy 17,1 mld euro, Wielka Brytania 6,6 mld euro, Norwegia 3,6 mld euro, Dania 3,5 mld euro, a Polska 3 mld euro.

Dane wskazują, że Stany Zjednoczone wydały wówczas około 62 mld dolarów, Niemcy około 12 mld dolarów, Wielka Brytania około 11 mld dolarów, Dania 7,5 mld dolarów, Holandia 6 mld dolarów, a Francja 4 mld dolarów.

Porównanie poziomu pomocy w dwóch przedziałach czasowych (pierwsze 21 miesięcy konfliktu i kolejne 10 miesięcy) ukazuje wyraźny spadek zaangażowania finansowego. W okresie od lutego 2022 do października 2023 roku pierwsze sześć państw przekazało Ukrainie wsparcie militarne o wartości około 77,7 mld euro. W ciągu kolejnych 10 miesięcy (od listopada 2023 do sierpnia 2024 roku) wartość pomocy wyniosła około 19,3 mld euro, co wskazuje na zauważalne zmniejszenie intensywności wsparcia.

Jednocześnie istotne są uwarunkowania polityczne wpływające na skalę pomocy. 6 stycznia 2025 roku Kongres Stanów Zjednoczonych ogłosił oficjalne wyniki wyborów prezydenckich, w których zwyciężył Donald Trump. Biorąc pod uwagę wcześniejsze wypowiedzi zarówno jego, jak i członków jego administracji, można było przewidywać dalsze zmniejszenie pomocy wojskowej dla Ukrainy, co mogłoby znacząco wpłynąć na strategię wsparcia tego kraju, biorąc pod uwagę rolę USA jako głównego dostawcy pomocy wojskowej.

Kolejnym elementem nieintencjonalnym są zdolności produkcyjne. Jak podaje PISM, „Oficjalne rosyjskie dane wskazują, że w 2023 r. siły zbrojne otrzymały 1530 nowych i zmodernizowanych czołgów oraz 2518 bojowych wozów piechoty i transporterów opancerzonych, 100 samolotów i 150 śmigłowców, 4 wielozadaniowe okręty podwodne, 3,5 tys. bezzałogowców różnych typów oraz 16,5 mln sztuk środków rażenia, z czego większość stanowią pociski różnego typu. Zgodnie z zapowiedziami ministra obrony rosyjskie siły zbrojne w 2024 r. mają otrzymać ponadto 4 okręty podwodne (w tym jeden atomowy), 11 nawodnych, 2 zmodernizowane bombowce strategiczne Tu-160M. Planowane jest także zwiększenie produkcji rakiet hipersonicznych, zwłaszcza *Kindżał* i *Cirkon*”²². Można jednak przypuszczać, że rosyjskie dane są w jakimś stopniu nieprawdziwe.

Analiza zdolności produkcyjnych w zakresie wytwarzania czołgów wskazuje, że Stany Zjednoczone dysponują potencjałem umożliwiającym produkcję około 260 czołgów typu M1 Abrams rocznie. Liczba ta obejmuje zarówno produkcję na potrzeby własnych sił zbrojnych, jak i na

²² A. Dyner, *Stan sił zbrojnych Rosji po dwóch latach od agresji na Ukrainę*, „PISM”, 2024, nr 4(138), s. 1–9.

eksport, np. dla Polski²³. W przypadku Niemiec zdolności przemysłowe pozwalają na wytwarzanie czołgów Leopard w ilości oscylującej między 50 a 70 sztuk rocznie²⁴. Francja z kolei deklaruje modernizację około 30 czołgów rocznie w ramach programu unowocześniania czołgów Leclerc²⁵. Ze względu na brak dostępnych danych dotyczących produkcji nowych jednostek przez przemysł francuski trudno jest dokładnie oszacować ich zdolności wytwórcze w tym zakresie.

Wyczerpywanie zapasów amunicji stanowi kluczowy czynnik degradacji technologicznej na polu walki, ograniczając efektywność nowoczesnego uzbrojenia i wymuszając użycie starszych rozwiązań. Niedobory precyzyjnej amunicji prowadzą do wzrostu wykorzystania mniej zaawansowanych środków ogniowych, co obniża skuteczność działań. Problemy te wynikają z ograniczeń surowcowych i wydolności przemysłu zbrojeniowego, a to utrudnia prowadzenie intensywnych działań bojowych. Rosja korzysta ze starych zapasów o ograniczonej skuteczności, a Ukraina eksperymentuje z alternatywną amunicją, ryzykując uszkodzenia sprzętu. Produkcja amunicji artyleryjskiej wykazuje znaczne dysproporcje – Rosja pozostaje liderem, podczas gdy USA zaplanowały w 2024 roku produkcję 420 tys. sztuk rocznie, Czechy i Słowacja – 150 tys., Polska – 50 tys., Wielka Brytania – 40 tys., a Norwegia i Finlandia – 20 tys. Należy jednak podkreślić możliwe problemy amunicyjne Rosji, które skłaniają ją do importu, m.in. z Korei Północnej²⁶.

Innym elementem degradacji, tym razem intencjonalnym, jest kwestia ekonomii pola walki. Dotyczy ona nie tylko strat w uzbrojeniu czy kosztów napraw, ale przede wszystkim tego, co jest najbardziej oczywiste, czyli kosztów wojny. Aspekt ekonomiczny jest kolejnym istotnym elementem w kształtowaniu współczesnych konfliktów zbrojnych, ponieważ zarówno technologia, jak i koszty sprzętu wojskowego wpływają na strategię militarne oraz efektywność działań bojowych.

Drony komercyjne, takie jak DJI Mavic 2 lub 3, często wykorzystywane przez siły ukraińskie, stanowią przykład taniej alternatywy w działaniach wojennych. Ich cena waha się od 4 000 do 25 000 zł, przy czym najbardziej

²³ D. Ratka, *Pancerna pięść NATO. Ile czołgów naprawdę mają USA? [ANALIZA]*, Defence24, <https://defence24.pl>, 18.11.2023 (09.01.2025).

²⁴ A. Świerkowski, *Niemcy zamówią więcej Leopardów 2?*, Defence24, <https://defence24.pl>, 13.05.2024 (09.01.2025).

²⁵ *Idem*, *Francja z setką zmodernizowanych czołgów do 2025 roku*, Defence24, <https://defence24.pl>, 07.11.2022 (09.01.2025).

²⁶ *Amunicja za technologie kosmiczne. Współpraca Rosji i Korei Północnej*, Space24, <https://space24.pl>, 26.12.2024; R. Ditrich, *Ameryka się budzi. Produkcja amunicji w Scranton wzrosła 5-krotnie, a to dopiero początek*, Forsal.pl, <https://forsal.pl>, 07.05.2024 (09.01.2025).

popularne modele są dostępne w przedziale cenowym do 10 000 zł²⁷. W porównaniu z nimi zaawansowane drony wojskowe, takie jak turecki Bayraktar TB2, charakteryzują się znacznie wyższymi kosztami. Cena jednej jednostki Bayraktara szacowana jest na kilka milionów dolarów.

W kategorii systemów przeciwpancernych wyróżnia się amerykańska wyrzutnia FGM-148 Javelin, której koszt jednostkowy, wraz z pociskiem, wynosi około 178 000 dolarów. System ten, mimo wysokich kosztów, charakteryzuje się niezwykle skuteczną w niszczeniu wrogich pojazdów opancerzonych.

Czołgi, jako jeden z najdroższych elementów wyposażenia wojskowego, również znacząco wpływają na ekonomię pola walki. Koszt amerykańskiego czołgu M1A1 Abrams, używanego przez siły zbrojne wielu państw, wynosi od kilku do kilkunastu milionów dolarów za jednostkę, co uwzględnia zakup w ramach kontraktów międzynarodowych. Należy zaznaczyć, że jest to cena szacowana ze względu na brak dostępu do dokładnych danych²⁸. Dla porównania czołgi T-72, będące starszą konstrukcją używaną w armiach wielu krajów, w tym w Rosji, są znacznie tańsze. Cena jednostkowa zmodernizowanego modelu T-72 wynosi szacunkowo od 1,5 do 3 mln dolarów, co jednak wiąże się z niższym poziomem technologii i skuteczności na współczesnym polu walki.

Do produkcji wszelkiego rodzaju uzbrojenia czy też amunicji potrzebne są nie tylko zakłady produkcyjne, ale również surowce. Produkcja stali, ołowiu i miedzi odgrywa istotną rolę w globalnym przemyśle zbrojnym, a dane dotyczące największych producentów tych surowców wskazują na istotne różnice w ich zdolnościach. W przypadku stali, według danych z września 2023 roku, największym producentem są Chiny z produkcją na poziomie 82,1 milionów ton rocznie. Kolejne miejsca zajmują Indie (11,6 Mt), Japonia (7,0 Mt), Stany Zjednoczone (6,7 Mt), Rosja (6,2 Mt), Korea Południowa (5,5 Mt), Niemcy (2,9 Mt), Turcja (2,9 Mt), Brazylia (2,6 Mt) oraz Iran (2,4 Mt)²⁹. W przypadku produkcji miedzi rafinowanej, według danych za 2017 rok, dominującym producentem są również Chiny z wynikiem 8,88 milionów ton rocznie. Kolejne miejsca zajmują Chile (2,5 Mt), Japonia (1,5 Mt), Stany Zjednoczone (1,26 Mt), Rosja (1,0 Mt), Indie (0,9 Mt), Korea Południowa (0,65 Mt), Zambia (0,6 Mt), Niemcy (0,6 Mt) oraz Polska (0,523 Mt)³⁰.

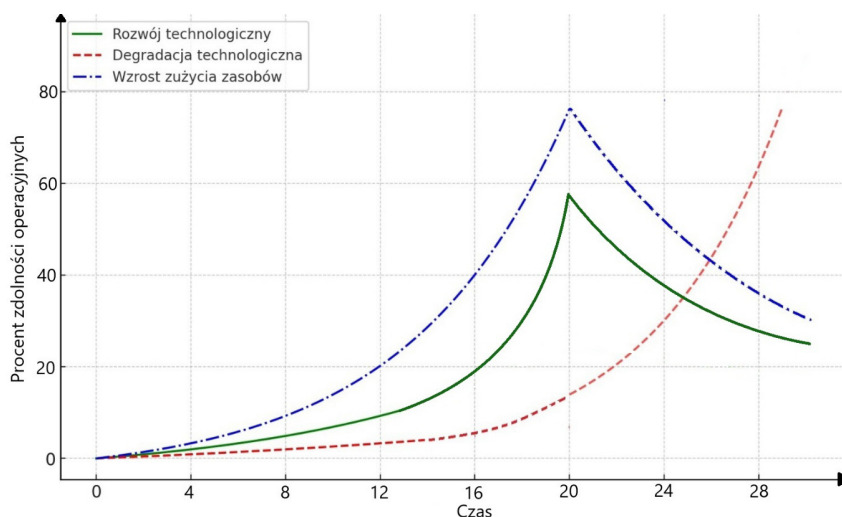
²⁷ Porównanie różnic w parametrach dronów DJI Mavic Air 2, DJI Air 2S, DJI Mavic 2 Pro, Świat Dronów, <https://www.swiatdronow.pl> (09.01.2025).

²⁸ J. Palowski, *Zielone światło dla Abramsów dla Polski. Koszt: do 6 mld USD*, Defence24, <https://defence24.pl>, 18.02.2022 (09.01.2025).

²⁹ *Produkcja stali na świecie – jesień 2023*, dlaProdukcji.pl, <https://dlaprodukcji.pl>, 16.11.2023 (09.01.2025).

³⁰ KGHM. *Raport Zintegrowany za 2017 rok*, Lublin 2017, s. 53.

Degradacja technologiczna jest zjawiskiem uzależnionym od wielu czynników. Wzrost zużycia zasobów obejmuje zarówno aspekty surowcowe, jak i produkcyjne oraz kadrowe. Proces ten stale przyspiesza, odgrywając kluczową rolę jako katalizator rozwoju technologicznego oraz gwarant produkcji na skalę masową. W przypadku, gdy rosnące wymagania zasobowe nie zostają zaspokojone, zarówno rozwój technologiczny, jak i zdolność do produkcji ilościowej ulegają zahamowaniu, co prowadzi do zjawiska degradacji technologicznej.



Wykres 3. Dynamika rozwoju technologicznego i degradacji technologicznej w czasie (wykres poglądowy)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych opartych na bibliografii.

Na początku wojny Ukraina osiągała nieznaczný poziom wyjściowy swoich zdolności operacyjnych (bliski 0%), który następnie ulegał dynamicznym zmianom. Początkowy brak dostępu do nowoczesnego uzbrojenia oraz posowiecka struktura sił zbrojnych ograniczały skuteczność operacyjną, jednak dostawy sprzętu i adaptacja taktyczna prowadziły do okresowych wzrostów zdolności bojowych. Jednocześnie stopniowa degradacja technologiczna i wyczerpywanie zasobów skutkowały wzrostem wykorzystania rozwiązań asymetrycznych.

Analiza wykresu 3 ilustruje trzy kluczowe procesy zachodzące w trakcie działań wojennych: rozwój technologiczny, degradację technologiczną oraz wzrost zużycia zasobów. W kontekście wojny na Ukrainie czynniki te odgrywają istotną rolę w kształtowaniu zdolności bojowych stron konfliktu oraz ich długoterminowej zdolności do prowadzenia dzia-

łań wojennych. Czas na wykresie został przybliżony i wskazuje miesiące trwającej od 24 lutego 2022 roku wojny.

Początkowa faza konfliktu charakteryzuje się stabilnym wzrostem poziomu technologicznego, co odzwierciedla zielona linia na wykresie. Wynika to z wdrażania nowoczesnych systemów uzbrojenia, takich jak drony bojowe, precyzyjne systemy artyleryjskie oraz zaawansowane systemy obrony powietrznej. Jednak w miarę upływu czasu, w okolicach dwudziestej jednostki czasowej, rozwój technologiczny osiąga szczyt, po czym zaczyna stopniowo spadać. Może to być konsekwencją rosnących strat sprzętowych, trudności w utrzymaniu i modernizacji uzbrojenia, a także problemów wynikających z ograniczeń surowcowych oraz zakłóceń w łańcuchach dostaw.

Równocześnie z rozwojem technologicznym obserwuje się proces degradacji technologicznej, który początkowo przebiega w sposób umiarkowany, ale z czasem jego tempo ulega przyspieszeniu, co obrazuje czerwona linia na wykresie. Po przekroczeniu dziesiątej jednostki czasowej degradacja gwałtownie rośnie; może to wynikać z wyczerpania zapasów nowoczesnych systemów uzbrojenia, trudności w ich zastępowaniu oraz rosnącego zapotrzebowania na improwizowane rozwiązania. W tym kontekście istotnym aspektem jest przejście z zaawansowanych dronów bojowych na szeroko dostępne komercyjne, które są łatwiejsze w produkcji i tańsze w eksploatacji. Tego rodzaju adaptacyjne rozwiązania obrazują przykład asymetrycznych strategii wojennych, wykorzystywanych w celu kompensowania strat technologicznych.

Rosnące zużycie zasobów jest kluczowym czynnikiem degradacji technologicznej, co uwiadamia się w konfliktach zbrojnych, takich jak wojna na Ukrainie. Początkowe umiarkowane tempo zużycia stopniowo wzrasta, osiągając szczyt, po czym następuje spadek wynikający z wyczerpania surowców, ograniczonej zdolności produkcyjnej i problemów logistycznych. Państwa zmuszone są do adaptacji, przechodząc od zaawansowanych systemów uzbrojenia do tańszych i łatwiej dostępnych rozwiązań. W efekcie rośnie znaczenie technologii komercyjnych i improwizowanych systemów uzbrojenia, które częściowo kompensują niedobory konwencjonalnych zasobów.

Zakończenie

Degradacja technologiczna na polu walki, obserwowana w wojnie na Ukrainie, ukazuje wyzwania współczesnych armii wynikające z intensywnego zużycia sprzętu, niedoborów logistycznych i adaptacyjno-

ści przeciwnika. Konflikt ten uwidocznił zależność Ukrainy i Rosji od globalnych łańcuchów dostaw oraz konieczność łączenia nowoczesnych technologii z improwizowanymi rozwiązaniami. Długotrwałe działania bojowe prowadzą do wyczerpania zasobów i stopniowego wyniszczenia zaawansowanych systemów uzbrojenia, zmuszając strony do użycia starszych technologii. Zakłócenia w dostawach i trudności w naprawie sprzętu pogłębiają ten proces, a to wymusza adaptację strategii wojennych do dostępnych zasobów.

Konflikt na Ukrainie podkreśla, że współczesne działania zbrojne nie opierają się na jednej dominującej technologii, lecz na synergii różnych systemów. Skuteczność wynika z integracji satelitów, dronów, nowoczesnej artylerii oraz improwizowanych rozwiązań, co wymaga elastyczności operacyjnej i zdolności adaptacyjnych. Wnioski te wskazują na konieczność rozwijania technologii umożliwiających wzajemne uzupełnianie się i dostosowanie do dynamicznych warunków pola walki.

Degradacja technologiczna w konfliktach wynika z ograniczeń surowcowych, ekonomicznych i produkcyjnych, które wpływają na zdolność państw do długoterminowego prowadzenia działań wojennych. Rosnące wymagania zasobowe i zależność od globalnych łańcuchów dostaw mogą osłabić nawet najbardziej rozwinięte gospodarki, co widać na przykładzie trudności w produkcji czołgów i amunicji artyleryjskiej w Europie. Współczesne konflikty wymagają zatem nie tylko nowoczesnych technologii, ale także zdolności do ich efektywnego utrzymania i skalowania. Degradacja technologiczna znacząco wpływa na zdolność współczesnych sił zbrojnych do prowadzenia efektywnych działań bojowych, zmuszając je do adaptacji strategii i wykorzystywania dostępnych zasobów w sposób bardziej pragmatyczny. Jedną z głównych konsekwencji jest konieczność integracji zaawansowanych systemów z prostszymi i tańszymi rozwiązaniami, co widoczne jest na przykładzie użycia komercyjnych dronów przez siły ukraińskie. Tanie drony, takie jak np. DJI Mavic, często pełnią funkcje rozpoznawcze, które tradycyjnie były realizowane przez kosztowne platformy wojskowe. Choć takie rozwiązania mogą zniwelować część strat wynikających z niedoborów technologicznych, niosą one ryzyko ograniczonej niezawodności w warunkach walki.

Inną kluczową konsekwencją jest konieczność ograniczenia intensywności działań bojowych ze względu na braki w amunicji, uzbrojeniu czy infrastrukturze logistycznej. Przykładem jest wojna na Ukrainie, gdzie siły zbrojne obu stron odczuły niedobory amunicji artyleryjskiej, co wpłynęło na tempo i skuteczność operacji. Takie zjawisko może prowadzić do wydłużenia konfliktów i zmuszenia stron do prowadzenia wojny na wyniszczenie, co dodatkowo obciąża gospodarki i zasoby ludzkie. Ponadto ogra-

niczenia w zdolnościach produkcyjnych, takie jak wytwarzanie czołgów czy zaawansowanych systemów przeciwpancernych, sprawiają, że współczesne armie muszą polegać na magazynach rezerwowych oraz wsparciu sojuszników. To zaś zwiększa zależność od międzynarodowych partnerstw i utrudnia zachowanie wysokiego poziomu samowystarczalności sił zbrojnych, co może być decydującym czynnikiem w długotrwałych konfliktach.

Bibliografia

- Amunicja za technologie kosmiczne. Współpraca Rosji i Korei Północnej*, Space24, <https://space24.pl>, 26.12.2024 (09.01.2025).
- Armstrong M., *The Countries Pledging the Most Military Aid to Ukraine*, Statista, <https://www.statista.com>, 13.12.2023 (09.01.2025).
- Buchholz K., *The Countries Sending the Most Aid to Ukraine*, Statista, <https://www.statista.com>, 14.02.2025 (20.02.2025).
- Ciastoń R., *Użycie przez Federację Rosyjską pocisków balistycznych i manewrujących w konflikcie ukraińskim*, „Komentarz Międzynarodowy Pułaskiego”, 2022, nr 1.
- Danilewicz I., *Wojna w Ukrainie. Cywilne drony zmieniają oblicze współczesnego konfliktu. Warto tę wiedzę wykorzystać*, Niebyswałe Suwałki, <https://www.niebywalesuwal.pl>, 11.09.2023 (09.01.2025).
- Ditrich R., *Ameryka się budzi. Produkcja amunicji w Scranton wzrosła 5-krotnie, a to dopiero początek*, Forsal.pl, <https://forsal.pl>, 07.05.2024 (09.01.2025).
- Dyner A., *Stan sił zbrojnych Rosji po dwóch latach od agresji na Ukrainę*, „PISM”, 2024, nr 4(138).
- Januszewski J., *Charakterystyka sygnałów systemów satelitarnych i radionawigacyjnych dziś oraz w przyszłości*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2009, nr 1–2.
- Juszczyk K., *Drony w natarciu*, „Domena”, 2022, nr 1.
- KGHM. *Raport Zintegrowany za 2017 rok*, Lublin 2017.
- Kołata G., *Wybrane rakietowe środki napadu powietrznego Federacji Rosyjskiej*, „Zeszyty Naukowe AON”, 2015, nr 4(101).
- Kompała D., *Użycie bezzalagowych statków powietrznych do rozpoznania powietrznego w wybranych konfliktach zbrojnych*, „Zeszyty Naukowe AON”, 2014, nr 1(94).
- Kopeć R., *Wykorzystanie systemów orbitalnych w wojnie Rosji z Ukrainą. Między militarzyczą a komercjalizacją kosmosu*, „Roczniki Nauk Społecznych”, 2022, nr 50(4).
- Marszałkowski M., *400 tys. wakatów w rosyjskim sektorze zbrojeniowym*, Defence24, <https://defence24.pl>, 28.11.2024 (09.01.2025).
- Pacek P., *Znaczenie wsparcia państw zachodnich i organizacji międzynarodowych dla przebiegu wojny w Ukrainie*, „Wiedza Obronna”, 2023, nr 1(282).
- Palowski J., *Zielone światło dla Abramsów dla Polski. Koszt: do 6 mld USD*, Defence24, <https://defence24.pl>, 18.02.2022 (09.01.2025).
- Pawłowski W., *Urządzenia i materiały wybuchowe*, „Problemy Współczesnej Kryminologii”, 2023, nr 24.
- Piotrowski M., *Wyzwania dla sektora zbrojeniowego USA związane ze wsparciem Ukrainy*, „Polski Instytut Spraw Międzynarodowych”, 2023, nr 8(129).
- Produkcja stali na świecie – jesień 2023*, dlaProdukcji.pl, <https://dlaProdukcji.pl>, 16.11.2023 (09.01.2025).

- Ratka D., *Pancerna pięść NATO. Ile czołgów naprawdę mają USA? [ANALIZA]*, Defence24, <https://defence24.pl>, 18.11.2023 (09.01.2025).
- Reśkiewicz P., *Russian anti-access potential (A2 / AD) on the Crimean Peninsula*, „Rocznik Bezpieczeństwa Morskiego”, 2020, nr 14.
- Rochowicz R., *Drony w wojnie Ukrainy z Rosją*, „Problemy Techniki Uzbrojenia”, 2022, nr 51(160).
- Smura T., *Rosyjska inwazja na Ukrainę – pierwsze wnioski wojskowe*, „Komentarz Międzynarodowy Pułaskiego”, 2023, nr 3.
- Stepuch A., Puchała M., *Logistyka wojskowa i zabezpieczenie logistyczne na współczesnym polu walki*, „Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie”, 2021, nr 2(33).
- Świerkowski A., *Francja z setką zmodernizowanych czołgów do 2025 roku*, Defence24, <https://defence24.pl>, 07.11.2022 (09.01.2025).
- Świerkowski A., *Niemcy zamówią więcej Leopardów 2?*, Defence24, <https://defence24.pl>, 13.05.2024 (09.01.2025).
- Wasiuta O., Wasiuta S., *Encyklopedia bezpieczeństwa*, t. 1, Kraków 2021.
- Wasiuta O., Wasiuta S., *Encyklopedia bezpieczeństwa*, t. 2, Kraków 2021.
- Wasiuta O., Wasiuta S., *Encyklopedia bezpieczeństwa*, t. 3, Kraków 2021.
- Wiktor Z., *Wojna w Ukrainie – przyczyny i skutki po ponad roku trwania*. „Studia Orientalne”, 2023, nr 27(3).
- Wójtowicz T., *I wojna w Zatoce Perskiej: wojna sieciocentryczna czy klasyczny konflikt zbrojny ery przemysłowej?*, „Wiedza Obronna”, 2012, nr 4.
- Zagórski S., *Koktajl Mołotowa, Prosta, ale niezwykle niebezpieczna broń*, Newsweek, <https://www.newsweek.pl>, 12.03.2022 (09.01.2025).

Technological Degradation on the Battlefield in the Context of Dynamic Technological Development: An Analysis Based on the War in Ukraine

Abstract

The article presents the phenomenon of technological degradation on the modern battlefield, with a particular focus on the war in Ukraine as a case study. It highlights key trends and factors contributing to technological degradation, such as production constraints, resource availability, and the dynamic development of military technologies. The processes accompanying this phenomenon and its consequences for the effectiveness of military operations are thoroughly examined. The aim of the study was to analyze the mechanisms of technological degradation in the context of modern military technology utilization. The findings indicate that technological degradation results from multidimensional conditions, encompassing both logistical and adaptive aspects that affect the ability to conduct effective military operations.

Keywords: security, technology, war, military