

BIULETYN BEZPIECZEŃSTWA W LOTNICTWIE CYWILNYM

Nr 2(30)/2025



Urząd Lotnictwa Cywilnego

W NUMERZE:

- ✈ Wsparcie bezpieczeństwa operacji lotniczych za pomocą zintegrowanych systemów wizyjnych i multisensorycznych
- ✈ Wpływ olśnienia światłem laserowym na bezpieczeństwo operacji lotniczej
- ✈ Systemowe podejście do bezpieczeństwa - 10 zasad
- ✈ Adrenalina na wysokości - sekrety bezpiecznego spadochroniarstwa

Publikowane przez:

Departament Zarządzania Bezpieczeństwem
w Lotnictwie Cywilnym
Urząd Lotnictwa Cywilnego
ul. Marcina Flisa 2
02-247 Warszawa
Tel.: +22 520 75 22

Zapraszamy do przesyłania komentarzy
i tematów ważnych
dla Państwa do poruszenia
w kolejnych edycjach biuletynu
na adres mailowy: **lbb@ulc.gov.pl**
lub **lbb-2@ulc.gov.pl**



Szanowni Państwo,

zapraszam Państwa do lektury kolejnego numeru Biuletynu Bezpieczeństwa Urzędu Lotnictwa Cywilnego.

W niniejszym wydaniu mamy przyjemność zaprezentować dwie prace wyróżnione podczas tegorocznej Studenckiej Konferencji Lotniczej „Skrzydła Lotnictwa 2025” zorganizowanej przez Koło Naukowe Bezpieczeństwo i Zarządzanie Lotnictwem Politechniki Poznańskiej w ramach konkursu referatów.

- Pierwszy artykuł omawia zastosowanie zaawansowanych systemów wizyjnych i multisensorycznych do inspekcji oświetlenia nawigacyjnego oraz wykrywania obiektów typu FOD, wspierających bezpieczeństwo operacji na lotniskach. Autorzy tego opracowania otrzymali główną nagrodę w konkursie – doceniono autorskie rozwiązania oraz ich praktyczne zastosowanie.
- Kolejny materiał został wyróżniony głównie ze względu na ogromne zaangażowanie Autora w badania empiryczne, które stały się podstawą do przygotowanego referatu. Autor analizuje w nim zagrożenia związane z oślepianiem pilotów światłem laserowym, przedstawiając statystyki, skutki oraz propozycje działań zapobiegawczych.
- Systemowe podejście do bezpieczeństwa, oparte na zasadach myślenia systemowego, takich jak zaangażowanie ekspertów terenowych, lokalna racjonalność czy kultura sprawiedliwego traktowania to temat kolejnego materiału. Powstał on w oparciu o Białą Księgę Eurocontrol „Systems Thinking for Safety: Ten Principles”, która opisuje dziesięć zasad myślenia systemowego. Wdrożone zasady sprzyjają lepszemu zrozumieniu i doskonaleniu złożonych systemów lotniczych.
- Czwarty artykuł przybliży kluczowe kwestie bezpieczeństwa w skokach spadochronowych, ze szczególnym uwzględnieniem tandemów, omawiając procedury, przygotowanie sprzętowe i statystyki incydentów. Podsumowuje też krótko regulacje i wytyczne dotyczące organizacji skoków spadochronowych, wskazując na znaczenie przestrzegania przyjętych zasad dla podniesienia bezpieczeństwa operacji spadochronowych.

Zachęcamy do lektury, która inspirować może do wdrażania innowacyjnych rozwiązań i refleksji nad poprawą bezpieczeństwa w lotnictwie.

Urząd Lotnictwa Cywilnego zachęca Państwa do zgłaszania propozycji tematów oraz chęci przygotowania własnego artykułu związanego z bezpieczeństwem lotniczym – najciekawsze z nich z wielką chęcią opublikujemy na łamach kolejnych wydań Biuletynu. Zachęcamy także do dzielenia się swoimi uwagami do opublikowanych materiałów. Na Państwa komentarze czekamy pod adresem: lb-2@ulc.gov.pl. Na ten sam adres można też zgłaszać chęć otrzymywania Biuletynu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym w wersji elektronicznej.

Zapraszam do lektury.

Julian Rotter
Prezes Urzędu Lotnictwa Cywilnego

Wsparcie bezpieczeństwa operacji lotniczych za pomocą zintegrowanych systemów wizyjnych i multisensorycznych

Wprowadzenie

W związku ze wzrostem wymagań międzynarodowych dotyczących standardów bezpieczeństwa lotniczego, koniecznym jest wspieranie osób odpowiedzialnych za utrzymanie gotowości operacyjnej portu lotniczego, szczególnie podczas operacji w warunkach ograniczonej widzialności, między innymi za pomocą sztucznej inteligencji, systemów wbudowanych oraz multisensorycznych. Autorzy pracy skupiają się w szczególności na obszarach manewrowych (aerodromes), takich jak drogi startowe, drogi kołowania oraz płyty postojowe. Zagadnienia poruszone w niniejszym artykule to:

- Inspekcja fotometryczna i chromatyczna lotniskowego oświetlenia nawigacyjnego (AGL) za pomocą mobilnej platformy pomiarowej, systemu mobilnego do inspekcji świateł nawigacyjnych podejścia oraz stacjonarnego systemu laboratoryjnego
- Wykrywanie obiektów typu FOD (Foreign Object Debris) za pomocą systemu wizyjnego i sztucznej inteligencji
- Automatyczna klasyfikacja zużycia części świetlnej lamp zagłębionych oświetlenia nawigacyjnego lotnisk za pomocą systemu wizyjnego i sztucznej inteligencji.

Wszystkie zaprezentowane badania zostały

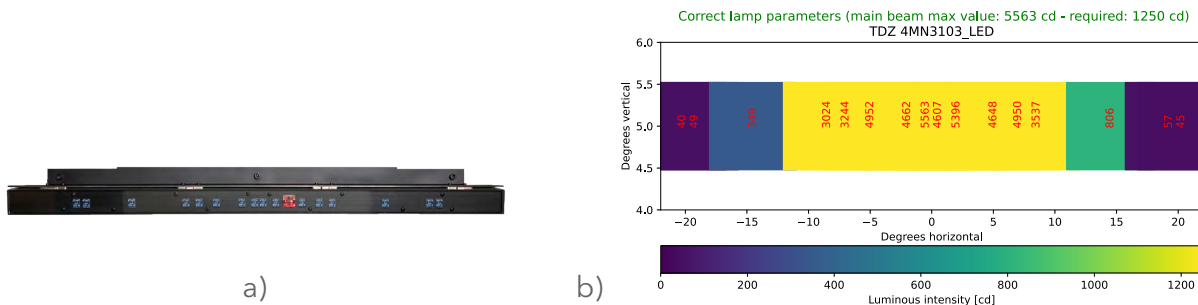
przeprowadzone we współpracy pomiędzy Zakładem Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów Politechniki Poznańskiej a Portem Lotniczym Poznań-Ławica, na podstawie umowy o wspólnych badaniach naukowych. Normami wzorcowymi do których się odnosiło to wymagania EASA i ICAO, znajdujące się w stosownych dokumentach.^{1 2 3}

Mobilny system do inspekcji lotniskowego oświetlenia nawigacyjnego - Platforma pomiarowa do badania jakości działania lamp AGL

Lampy oświetlenia nawigacyjnego (AGL) wbudowane w płaszczyzny lotniskowe ulegają zużyciu podczas eksploatacji. Szczególnie narażone na zużycie oraz uszkodzenia są ich elementy optyczne w postaci pryzmatów, które odpowiadają za prawidłowy rozsył kątowy światła. Inspekcja parametrów fotometrycznych lamp oświetlenia nawigacyjnego AGL zgodnie z zaleceniami EASA¹ oraz ICAO² obejmuje pomiar światłości głównej wiązki światła oraz horyzontalnego i wertykalnego rozsyłu światłości. Kontrola lamp AGL zagłębionych w płaszczyzny lotniskowe, ze względu na liczbę opraw rzędu kilkuset dla średniej wielkości portu lotniczego, powinna przebiegać możliwie szybko, aby ograniczyć przerwy przy gotowości do wykonywania operacji lotniczych. W tym celu skonstruowana została platforma pomiarowa do badania jakości działania lamp AGL, która umożliwia przeprowadzenie wstępnego



Rysunek 1 Platforma pomiarowa do badania jakości działania lamp AGL: Pierwszy prototyp (a), Drugi prototyp (b)



Rysunek 2 Autorska matryca czujników (a) oraz horyzontalny raport rozsyłu światłości (b)

badania parametrów fotometrycznych AGL w sposób zautomatyzowany, bez konieczności demontażu lamp. Na podstawie wyników otrzymywanych z urządzenia możliwe jest zidentyfikowanie lamp, które nie spełniają lub znajdują się na granicy akceptowalnych parametrów określonych przez normy, aby następnie zostały przekazane do dalszej analizy w laboratorium.

Pierwsza wersja platformy pomiarowej (Rysunek 1a) powstała w ramach pracy inżynierskiej zrealizowanej przez Autorów, we współpracy z Portem Lotniczym Poznań-Ławica w 2018 roku. Była ona wyposażona w czujniki światła pozwalające na badanie wartości światłości głównej wiązki światła, moduł GPS do jej lokalizacji oraz interfejs użytkownika.⁴

Dzięki realizacji projektu Inkubator Innowacyjności 4.0, autorzy zaprojektowali i skonstruowali drugą wersję platformy pomiarowej (Rysunek 1b) na bazie przyczepy dwuosiowej, która została wyposażona w autorską matrycę pomiarową pozwalającą na badanie światłości oraz rozsyłu horyzontalnego wiązki światła. Ponadto opracowano również algorytmy wizyjne wspomagające operatora urządzenia w celu dokonywania precyzyjnego najazdu nad badaną lampę. Monitorowanie otoczenia platformy pomiarowej do badania AGL odbywa się za pomocą integracji danych z modułu GNSS. Następnie położenie jest udokładniane dzięki zastosowaniu modułu LiDAR oraz systemu wizyjnego wykrywającego punkty świetlne AGL. Korzystając z informacji przekazywanych przez matrycę fotometryczną o równomiernym rozkładzie czujników określone jest miejsce padania wiązki światła na matrycę pomiarową o rozkładzie nierównomiernym.^{5 6 7 8 9}

Efektem pomiaru przeprowadzonego za pomocą autorskiej matrycy czujników (Rysunek 2a) o rozkładzie nierównomiernym,

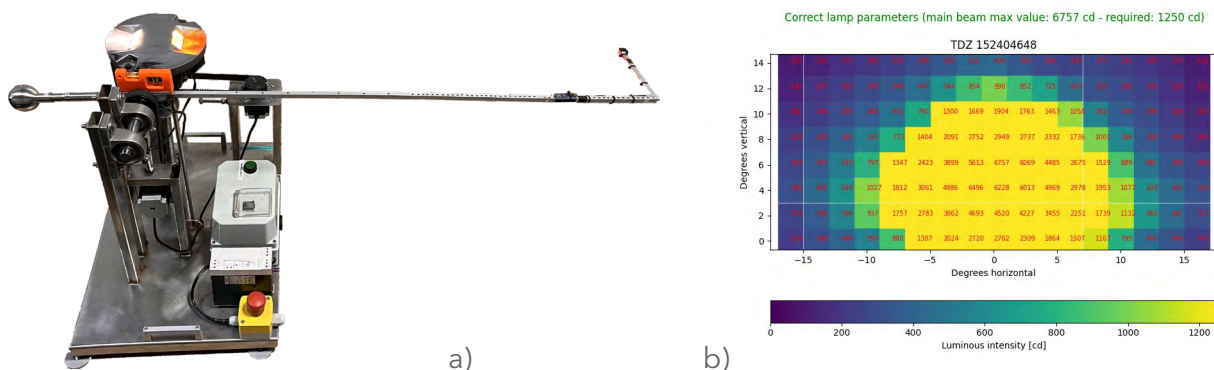
w którą wyposażona jest platforma pomiarowa do badania jakości działania AGL, jest raport w postaci diagramu (Rysunek 2b), prezentującego horyzontalny rozsył światłości oraz pomiar wartości w krytycznych punktach. Dzięki zastosowaniu czujnika spektrum światła widzialnego możliwe jest określenie typu lampy AGL wraz z barwą emitowanego światła, co po przeprowadzeniu autorskiej korekty wielomianowej pozwala na automatyczne porównanie otrzymanych rezultatów z parametrami określonymi w normach oraz określenie ich spełnienia.

Laboratoryjny system do inspekcji lotniskowego oświetlenia nawigacyjnego - Goniofotometr do badania jakości działania lamp AGL

Po wstępnej kontroli lamp AGL możliwe jest przeprowadzenie pogłębionej analizy ich parametrów fotometrycznych w wykorzystaniem systemu pomiarowego w postaci goniofotometru (Rysunek 3a). Urządzenie to pozwala na badanie pełnego rozsyłu światłości zarówno horyzontalnego jak i wertykalnego w zakresach określonych przez normy.^{10 11}

Urządzenie składa się z ramienia, które za pomocą precyzyjnego silnika krokowego porusza się w płaszczyźnie pionowej, na którego końcu zamontowany jest czujnik natężenia światła. Lampa AGL montowana w jest w specjalnym gnieździe, które obracane jest wokół własnej osi precyzyjnym silnikiem korkowym. Obrót lampy z jednoczesnym ruchem ramienia w płaszczyźnie pionowej umożliwia dokonanie pomiaru w pełnym zakresie kątowym przewidzianym przez normy.¹²

Wyniki pomiarów zapisywane są na karcie SD urządzenia, a oprogramowanie przygotowane przez Autorów umożliwia ich prezentację



Rysunek 3 Goniometr do badania jakości działania lamp (a) wynik działania urządzenia (b)

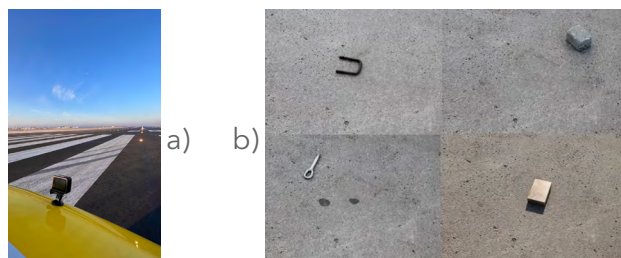
za pomocą diagramu rozsyłu światłości poszczególnych punktów pomiarowych (Rysunek 3b). Zakresy kątowe obejmują charakterystyki większości typów lamp AGL: lampy strefy przyziemia, lampy linii centralnej drogi startowej oraz drogi kołowania. Otrzymane wyniki są porównywane z wartościami określonymi w normach, co pozwala na stwierdzenie czy dana lampa jest zdolna do dalszej eksploatacji lub czy wymaga serwisu bądź wymiany.

System wizyjny do wykrywania obiektów typu FOD

Ciała obce, czyli Foreign Object Debris (FOD) stanowią poważne zagrożenie dla operacji lotniczych, powodując uszkodzenia krytycznych komponentów i wielomiliardowe straty finansowe. Istotne jest więc opracowanie skutecznych metod automatycznego wykrywania FOD na drogach startowych i drogach kołowania. Tradycyjne metody opierają się na manualnych inspekcjach i zastosowaniu systemów radarowych, lecz rozwój technologii wizyjnych i sztucznej inteligencji (AI), umożliwia zastosowanie splotowych sieci neuronowych (CNN). Autorzy zaproponowali system wizyjny oparty na AI (Rysunek 4), wykorzystujący kamerę wysokiej rozdzielczości na pojeździe lotniskowym oraz komputer przetwarzający obraz w czasie rzeczywistym (Rysunek 5a).^{12 13}

Główną bazą danych do treningu sieci neuronowych wykrywających obiekty typu

FOD jest FOD-A Dataset, zawierająca 34 472 obrazy wykonane w różnych warunkach atmosferycznych. Obejmuje ona szeroki zakres obiektów FOD, takich jak narzędzia, śruby, fragmenty wyposażenia samolotów i odpady lotniskowe, stanowiące zagrożenie dla operacji lotniczych. Powszechne wykorzystanie tej bazy w badaniach naukowych uzasadnia jej stosowanie w analizach porównawczych.



Rysunek 5 Koncepcja systemu wykrywania FOD (a) oraz Przykłady obrazów z PUT FOD dataset

W ramach badań opracowano autorską bazę danych PUT FOD Dataset (Rysunek 5b), zawierającą obrazy i nagrania wideo z obiektami FOD, które nie były dostępne w innych źródłach. Proces jej przygotowania oparto na wytycznych FAA oraz konsultacjach z ekspertami z Portu Lotniczego Poznań-Ławica, wyodrębniając cztery główne klasy obiektów. Ponieważ metalowe przedmioty stanowią około 60% FOD, szczególną uwagę poświęcono elementom z tego materiału. Ostatecznie baza obejmuje 180 obiektów udokumentowanych na 1480 fotografiach.

Przeprowadzono testy różnych architektur sieci neuronowych (Tabela 1), w tym GoogLeNet i YOLOv5. Na zbiorach zdjęć z baz FOD-A



Rysunek 4 Schemat systemu wizyjnego do wykrywania obiektów typu FOD

Metoda	Baza danych	Dokładność
Background subtraction	Autorska baza danych (brak informacji) ¹⁴	96.67%
YOLOv3	Autorska baza danych (1700 obrazów) ¹⁵	94.50%
YOLOv3	Autorska baza danych (2000 obrazów) ¹⁶	95.67%
Random forest	Autorska baza danych (1800 obrazów) ¹⁷	93.10%
YOLOv3	FOD-A Dataset (ponad 14 000 obrazów) ¹⁸	95.20%
GoogLeNet	FOD-A Dataset (ponad 19 000 obrazów) ¹²	95.73%
YOLOv5	FOD-A Dataset (ponad 19 000 obrazów) ¹³	99.00%
YOLOv5	PUT dataset (1480 obrazów) ¹³	99.30%

Tabela 1 Porównanie dokładności i użytych baz danych algorytmów do detekcji obiektów typu FOD

oraz PUT FOD Dataset, model GoogLeNet, osiągnął dokładność klasyfikacji 95.73% po 30 epokach i 3270 iteracjach, przy czasie treningu 1422 minuty na procesorze Intel Core i7-3770 3.40 GHz. Natomiast YOLOv5, uruchomiony w Google Colab na karcie obliczeniowej Nvidia Tesla T4, uzyskał dokładność 99.0% na FOD-A oraz 99.3% na PUT FOD Dataset. Model ten wykazał również wysoką skuteczność w czasie rzeczywistym, umożliwiając detekcję obiektów FOD w wysokiej rozdzielczości w warunkach rzeczywistych.

System do automatycznej klasyfikacji pryzmatów lamp zagłębionych oświetlenia nawigacyjnego

Współczesne systemy nawigacyjne lotnisk wymagają wysokiej jakości oświetlenia dla bezpieczeństwa operacji, zwłaszcza przy ograniczonej widoczności. Kluczowym elementem lamp zagłębionych na drogach startowych i kołowania są pryzmaty wpływające na rozsył kątowy światła. Intensywna eksploatacja i czynniki środowiskowe, takie jak pozostałości gumy z opon, zanieczyszczenia czy metalowe szczotki odśnieżające, mogą powodować ich uszkodzenia. Dlatego niezbędne jest wdrożenie systemów do automatycznej detekcji i klasyfikacji stopnia zużycia pryzmatów (Rysunek 6).

W tym celu opracowano koncepcję inteligentnego systemu wizyjnego wykorzystującego techniki przetwarzania obrazu i AI. Składa się on z kamery na platformie pomiarowej rejestrującej obrazy lamp oraz algorytmu analizującego dane. Proces obejmuje identyfikację obszaru zainteresowania (ROI), lokalizację pryzmatu oraz klasyfikację jakościową za pomocą metod analizy krawędzi i filtracji.^{19 20}

Testy przeprowadzono na zbiorze 540 obrazów lamp wykonanych w różnych warunkach atmosferycznych i oświetleniowych. Zdjęcia obejmują różne typy podłoża (asfalt, beton, oznaczenia drogowe) w rozdzielczości 4928 × 3264 pikseli i 24-bitowej głębi kolorów. Analizowano zarówno włączone, jak i wyłączone lampy, optymalizując działanie algorytmu.

Detekcję lamp realizowano za pomocą transformacji Hougha, identyfikującej ich okrągły kształt i pozycję śrub montażowych. Po wykryciu lampy segmentowano obraz, wyodrębniając pryzmat, a następnie analizowano go przy użyciu filtracji Sobela, eliminującej szumy i artefakty. Ostateczną klasyfikację jakości pryzmatu przeprowadzano za pomocą algorytmów uczenia maszynowego.

Wykorzystano sieć neuronową GoogLeNet, dzieląc dane na zestawy: treningowy (70%), walidacyjny (15%) i testowy (15%). Dokonano treningu sieci, optymalizując parametry algorytmem SGDM (Stochastic Gradient Descent with Momentum). Testy wykazały dokładność klasyfikacji na poziomie 88.37% (Tabela 2).



Rysunek 6 Porównanie pryzmatu nowego (a) i zniszczonego (b) lampy zagłębionej

Model sieci neuronowej	Dokładność klasyfikacji
GoogLeNet	88.37%
ResNet	75.29%
VGG-19	67.07%

Tabela 2 Porównanie dokładności modeli sieci neuronowej w systemie do automatycznej klasyfikacji pryzmatów lamp zagłębionych oświetlenia nawigacyjnego

Podsumowanie

Przedstawione zastosowania zaawansowanych metod sztucznej inteligencji i algorytmów przetwarzania obrazów wskazują wysoki potencjał możliwości efektywnej inspekcji w celu poprawy bezpieczeństwa lotniczego, szczególnie w kontekście oceny jakości oświetlenia nawigacyjnego AGL oraz detekcji obiektów obcych (FOD) na lotniskach. Wykorzystanie sieci neuronowych z rodziny YOLO, umożliwia precyzyjne i szybkie wykrywanie nieprawidłowości, natomiast innowacyjne rozwiązania fotometryczne, oparte na goniofotometrii i analizie obrazu, pozwalają na skuteczną kontrolę zużycia oświetlenia nawigacyjnego. Ponadto, rozwój multisensorycznych systemów łączących techniki przetwarzania danych z uczeniem maszynowym może w przyszłości zwiększyć adaptacyjność systemów do zmieniających się warunków środowiskowych. Planowane dalsze prace badawcze obejmują rozwój opracowanych koncepcji, ich optymalizację pod kątem systemów wbudowanych oraz testy w warunkach rzeczywistych we współpracy z Portem Lotniczym Poznań-Ławica.

***Jakub Suder, Kacper Podbucki,
Tomasz Marciniak, Adam Dąbrowski
Politechnika Poznańska***

Bibliografia

¹ European Union Aviation Safety Agency, "Certification Specifications and Guidance Material for Aerodrome Design (CS-ADR-DSN)." Mar. 29, 2022. Accessed: Jun. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/136283/en>

² INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, "Aerodrome Design Manual Fifth Edition, Part 4 – Visual Aids." 2021. [Online]. Available: http://icscc.org.cn/upload/file/20220712/20220712090914_13813.pdf

³ "Information Paper on French Study on Automatic FOD Detection Systems – Workshop EUROCONTROL, 9-10 June 2008."

⁴ J. Suder, P. Maciejewski, K. Podbucki, T. Marciniak, and A. Dąbrowski, "Measuring Platform for Quality Testing of Airport Lamps," *Pomiary Automatyka Robotyka*, vol. 23, no. 2, pp. 5-13, Jun. 2019, doi: 10.14313/PAR_232/5.

⁵ A. Dąbrowski, T. Marciniak, K. Podbucki, and J. Suder, "Method for measuring the quality of operation of airport lamps and a measuring set for testing the quality of operation of recessed airport lamps," P.442569

⁶ J. Suder, K. Podbucki, T. Marciniak, and A. Dąbrowski, "Spectrum sensors for detecting type of airport lamps in a light photometry system," *Opto-Electronics Review*, vol. 29, no. 4, pp. 133-140, 2021, doi: 10.24425/OPELRE.2021.139383.

⁷ J. Suder, K. Podbucki, and T. Marciniak, "Chromaticity measurement of airport navigation lighting using integrated colour sensor," *Opto-Electronics Review*, vol. 31, no. 4, Polish Academy of Sciences (under the auspices of the Committee on Electronics and Telecommunication) and Association of Polish Electrical Engineers in cooperation with Military University of Technology, p. e147040, 2023. doi: 10.24425/opelre.2023.147040.

⁸ K. Podbucki, J. Suder, T. Marciniak, and A. Dąbrowski, "Electronic measuring matrix for testing airport lamps," *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 97, no. 2, pp. 49-53, Feb. 2021, doi: 10.15199/48.2021.02.12.

⁹ K. Podbucki, J. Suder, T. Marciniak, W. Mańczak, and A. Dąbrowski, "Microprocessor-based photometric light intensity sensor for airport lamps quality testing," *Opto-Electronics Review*, vol. 30, no. 4, Polish Academy of Sciences and Association of Polish Electrical Engineers in cooperation with Military University of Technology, p. e143396, 2022. doi: 10.24425/opelre.2022.143396.

¹⁰ K. Podbucki, T. Marciniak, and J. Suder, "Laboratory Assessment of In-Pavement Airport Lamp's Luminous Intensity Distribution," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 24, p. 13242, Dec. 2023, doi: 10.3390/app132413242.

¹¹ K. Podbucki, J. Suder, T. Marciniak, and A. Dąbrowski, "Influence of power supply on airport navigation lamps photometric test accuracy," in 2023 *Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)*, Poznan, Poland: IEEE, Sep. 2023, pp. 183-188. doi: 10.23919/SPA59660.2023.10274440.

¹² J. Suder and T. Marciniak, "Foreign Object Debris detection system using GoogLeNet," *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 99, no. 11, pp. 251-254, Nov. 2023, doi: 10.15199/48.2023.11.47.

¹³ J. Suder and T. Marciniak, "Foreign Object Debris detection at aerodromes using YOLOv5," in 2024 *Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)*, Poznan, Poland: IEEE, Sep. 2024, pp. 66-71. doi: 10.23919/SPA61993.2024.10715612.

¹⁴ Xu Qunyu, Ning Huansheng, and Chen Weishi, "Video-based Foreign Object Debris detection," in 2009 *IEEE International Workshop on Imaging Systems and Techniques*, Shenzhen, China: IEEE, May 2009, pp. 119-122. doi: 10.1109/IST.2009.5071615.

¹⁵ E. Papadopoulos and F. Gonzalez, "UAV and AI Application for Runway Foreign Object Debris (FOD) Detection," in 2021 *IEEE Aerospace Conference (50100)*, Big Sky, MT, USA: IEEE, Mar. 2021, pp. 1-8. doi: 10.1109/AERO50100.2021.9438489.

¹⁶ P. Li and H. Li, "Research on FOD Detection for Airport Runway based on YOLOv3," in 2020 *39th Chinese Control Conference (CCC)*, Shenyang, China: IEEE, Jul. 2020, pp. 7096-7099. doi: 10.23919/CCC50068.2020.9188724.

¹⁷ Y. Jing, H. Zheng, C. Lin, W. Zheng, K. Dong, and X. Li, "Foreign Object Debris Detection for Optical Imaging Sensors Based on Random Forest," *Sensors*, vol. 22, no. 7, p. 2463, Mar. 2022, doi: 10.3390/s22072463.

¹⁸ T. Munyer, D. Brinkman, C. Huang, and X. Zhong, "Integrative Use of Computer Vision and Unmanned Aircraft Technologies in Public Inspection: Foreign Object Debris Image Collection," in *DG.O2021: The 22nd Annual International Conference on Digital Government Research*, Omaha NE USA: ACM, Jun. 2021, pp. 437-443. doi: 10.1145/3463677.3463743.

¹⁹ J. Suder, K. Podbucki, T. Marciniak, and A. Dąbrowski, "Intelligent vision system for quality classification of airport lamp prisms," in 2022 *Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)*, 2022, pp. 151-154. doi: 10.23919/SPA53010.2022.9927908.

²⁰ J. Suder and T. Marciniak, "Fast Prototyping of In-Pavement Airport Navigation Lamp Prism Classification," in 2023 *Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)*, Poznan, Poland: IEEE, Sep. 2023, pp. 95-99. doi: 10.23919/SPA59660.2023.10274434.

Wpływ oślepienia światłem laserowym na bezpieczeństwo operacji lotniczej

Wprowadzenie

Lotnictwo to gałąź transportu, która jest w sposób szczególny narażona na zakłócenia. Historia wypadków lotniczych pokazuje, że z pozoru nieistotny czynnik może stanowić potencjalne źródło zagrożeń, a skutki niepożądanych zdarzeń obejmują nawet śmierć wielu osób i rozległe zniszczenia na ziemi. Z tego względu władze i organizacje lotnicze podejmują szereg działań mających na celu podniesienie poziomu bezpieczeństwa. Niestety, w ciągu kilkunastu ostatnich lat pojawiły się zagrożenia, których znaczenie wzrasta. Jednym z nich są wskaźniki laserowe.

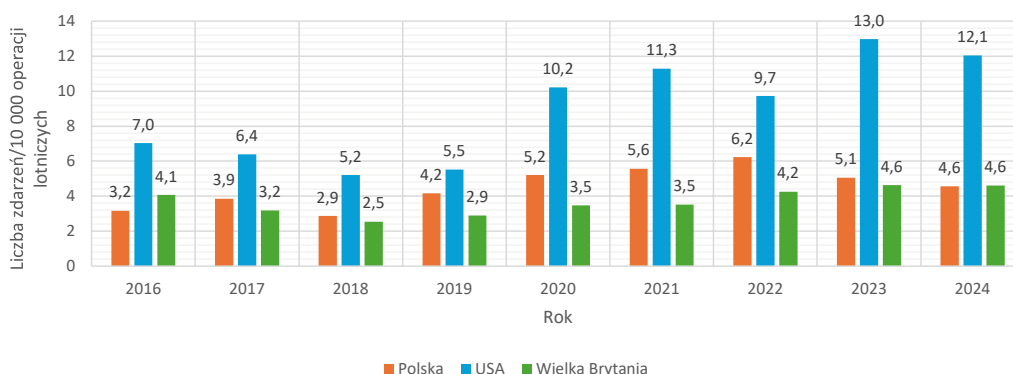
Za wynalazcę lasera uznaje się Theodore'a Harolda Maimana, który skonstruował pierwszy działający egzemplarz w 1960 roku¹⁴. Urządzenie znalazło od tego czasu zastosowanie w licznych dziedzinach nauki i w życiu codziennym. Wykorzystuje się je m. in. w telekomunikacji, medycynie, przemyśle, wojsku, badaniach naukowych²¹. Mimo wielu korzyści lasery zaczęły też stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzkiego. Nieostrożne posługiwanie się nimi może prowadzić bowiem do uszkodzenia wzroku i skóry^{16 17 21}. Dodatkowo, gwałtowny wzrost natężenia światła zazwyczaj wywołuje efekty mające wpływ na zdolność widzenia, co w przypadku kierowców i pilotów przekłada się na bezpieczeństwo ich oraz innych ludzi.

Pierwsze zdarzenia lotnicze wywołane przez lasery miały miejsce w latach 90. XX wieku w Stanach Zjednoczonych w związku z pokazami laserowymi. Do incydentów dochodziło również z powodu trafienia w statek powietrzny wiązki pochodzącej ze wskaźników laserowych. W pierwszych latach XXI wieku cena tych urządzeń spadła, dzięki czemu stały się one dostępne dla szerszej grupy nabywców. Spowodowało to skok w liczbie zdarzeń wywołanych światłem laserowym w 2004 roku⁵. Z czasem zjawisko oślepiania laserem pilotów rozprzestrzeniło się poza USA. W Polsce pierwsze takie zdarzenie zarejestrowano w 2009 roku¹.

Trudno jest jednoznacznie stwierdzić, dlaczego ludzie kierują wiązką lasera w stronę lecących statków powietrznych. Z pewnością część sprawców działa z zamiarem wyrządzenia szkód. Jednakże, zdaniem Patricka Murphy'ego¹⁰ najczęstszą przyczynę stanowi niewiedza na temat potencjalnych konsekwencji trafienia promienia lasera w kokpit. Niezależnie od motywacji, takie działania stanowią poważne zagrożenie bezpieczeństwa lotów i wymagają uwagi władz lotniczych.

Statystyki dotyczące zdarzeń wywołanych przez lasery

Skalę oraz dynamikę omawianego problemu można zrozumieć dzięki danym statystycznym opracowywanym na podstawie zgłoszeń



Rys. 1. Liczba zdarzeń lotniczych z udziałem lasera przypadających na 10 000 operacji lotniczych w Polsce, USA i Wielkiej Brytanii w latach 2016-2024^{2 7 8 9 18}

o zdarzeniach. Informacje wyrażone poprzez liczbę zdarzeń na 10 000 operacji lotniczych zestawiono na poniższym wykresie (rys. 1).

Z wykresu zaprezentowanego na rysunku 1 można odczytać, że do oślepień pilotów laserem w latach 2016-2024 najczęściej dochodziło w Stanach Zjednoczonych. W Wielkiej Brytanii i Polsce częstotliwość tych zdarzeń była w każdym z tych lat ok. 2-3 razy mniejsza. Najmniejszą wartość we wszystkich trzech krajach omawiany wskaźnik osiągnął w 2018 roku (2,9 zdarzeń/10 000 operacji lotniczych w Polsce, 5,2 w USA oraz 2,5 w Wielkiej Brytanii). Od tego momentu widoczna jest tendencja wzrostowa z wyraźnym skokiem liczby zdarzeń do liczby operacji w 2020 roku, tuż po wybuchu pandemii Covid-19. Można przypuszczać, że wartość wskaźnika została wówczas zawyżona przez drastyczny spadek liczby lotów w związku z restrykcjami, jednakże utrzymujący się w kolejnych latach trend świadczy o nasileniu się omawianego zjawiska. W Polsce maksimum odnotowano w 2022 roku (6,2 zdarzeń/10 000 operacji lotniczych), a w USA i Wielkiej Brytanii w 2023 roku (13,0 oraz 4,6 zdarzeń/10 000 operacji lotniczych).

Przytoczone dane statystyczne stanowią potwierdzenie tego, że problem oślepiania pilotów laserami stanowi coraz większe wyzwanie dla władz i organizacji lotniczych. Wraz z rosnącą częstotliwością incydentów większe staje się też prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych skutków zetknięcia się statku powietrznego z wiązką laserami.

Skutki trafienia promienia laserowego w statek powietrzny

Jak wcześniej wspomniano, sprawcy incydentów z laserami nie są często świadomi konsekwencji swoich czynów. Te mogą wpływać zarówno na stan zdrowia człowieka, jak i jego percepcję i zachowanie. Skutki zdrowotne zetknięcia z wiązką laserową obejmują uszkodzenia skóry i oczu, w tym trwałą utratę wzroku²¹. W przypadku incydentów lotniczych prawdopodobieństwo ich wystąpienia jest jednak niewielkie. Wpływa na to znaczna odległość między lecącym statkiem powietrznym a źródłem światła

w pobliżu ziemi oraz obecność szyby kokpitu^{6 16}.

O wiele większe znaczenie mają w lotnictwie zjawiska oddziałujące na narząd wzroku w wyniku trafienia lasera w statek powietrzny. W źródłach literaturowych wyróżnia się trzy stopnie olśnienia^{11 12 16}:

- rozproszenie uwagi,
- olśnienie,
- oślepienie.

Rozproszenie uwagi (ang. distraction) stanowi najłagodniejszy w skutkach stopień olśnienia. W momencie jego wystąpienia zdolność widzenia pilota nie jest zaburzona w stopniu uniemożliwiającym obserwację sytuacji w powietrzu. Obecność światła wyraźnie jaśniejszego od reszty otoczenia stanowi jednak utrudnienie dla załogi statku powietrznego. Spada koncentracja potrzebna do wykonywania manewrów (zwłaszcza startu i lądowania), a nawet może pojawić się wrażenie istnienia zagrożenia innego rodzaju^{11 16}. Znany jest przypadek, gdy promień pochodzący od wskaźnika został uznany za celownik broni palnej¹³.

Olśnienie (ang. glare) występuje w sytuacji, gdy jasność światła jest na tyle duża, że widok z kokpitu jest przesłonięty. Pilot nie może wówczas prowadzić obserwacji przez szybę, co utrudnia operacje w lotach z widocznością (ang. Visual Flight Rules, VFR) oraz start i lądowanie w lotach według wskazań przyrządów (ang. Instrument Flight Rules, IFR). Zjawisko olśnienia występuje jednak wyłącznie w obecności źródła światła. Po jego usunięciu obserwacja przez szybę znowu jest możliwa. Dodatkowo, przy tym stopniu pilot jest w stanie obserwować przyrządy pokładowe^{3 11 16}.

Oślepienie (ang. flashblindness) stanowi najpoważniejszy w skutkach stopień olśnienia. Po trafieniu w szybę kokpitu promienia laserowego o odpowiednio dużej mocy pilot nawet na kilka minut traci zdolność widzenia^{16 17}. Stan ten może trwać również po usunięciu źródła światła¹². Nie jest wówczas możliwa

obserwacja sytuacji w powietrzu przez szybę kokpitu oraz śledzenie wskazań przyrządów. Z osłepieniem często występują powidoki (ang. afterimages), czyli plamy utrzymujące się po ustąpieniu efektu utraty wzroku^{16 17}.

Główne czynniki mające wpływ na występowania poszczególnych stopni olśnienia to kolor i moc lasera oraz odległość źródła światła od statku powietrznego^{11 16 17}. Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy ludzkie oko jest najbardziej wrażliwe na fale świetlne o długości 555 nm, co oznacza zielono-żółtą barwę¹⁰. Większość współczesnych zielonych laserów emituje wiązkę o długości fali 532 nm. Można stwierdzić, że promień w tym kolorze wywołuje 30 razy intensywniejsze wrażenia wzrokowe niż promień o barwie czerwonej¹⁶.

Również moc lasera stanowi ważny czynnik. Jej wzrost powoduje bowiem zwiększenie zasięgu lasera. W przypadku standardowych wskaźników o mocy 5 mW rozproszenie uwagi, olśnienie i osłepienie występują w odległości odpowiednio 80m, 366m i 3560m¹¹. Zagrożenie obejmuje więc głównie startujące, lądujące i nisko lecące statki powietrzne. Odległość oddziaływania lasera jest jednak wprost proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego wzrostu mocy lasera¹¹. Urządzenia o mocy 0,5 W, dostępne w sprzedaży m. in. w chińskich sklepach internetowych, wywołują opisane wcześniej efekty przy 10 razy większym oddaleniu statku powietrznego od emitera¹¹.

Przykłady badań nad zjawiskiem osłepiania laserem pilotów

Z uwagi na narastanie problemu osłepiania pilotów laserami zjawisko to poddaje się naukowej analizie. Prowadzone eksperymenty mają na celu określenie ryzyka uszkodzenia wzroku u członków załogi oraz sprawdzenie wpływu intensywnego światła na zdolność pilotażu.

Jedno z doświadczeń dotyczących zdrowotnych skutków osłepienia laserem opisano w artykule autorstwa naukowców z Politechniki Warszawskiej, Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych w Warszawie oraz Lotniczej Akademii

Wojskowej w Dęblinie. Badanie polegało na przeprowadzaniu pomiarów natężenia światła trafiającego w kokpit samolotu pochodzącego z laserów czerwonego o mocy 5 mW i zielonego o mocy 10 mW. Eksperyment obejmował próby naziemne na płycie lotniska w warunkach dziennych i nocnych z różnym oddaleniem emitera od celu. Na podstawie uzyskanych rezultatów ustalono, że we wszystkich seriach badawczych zarejestrowano spadek natężenia światła przy wzroście odległości oraz równolegle zachodzące zwiększanie się oświetlanej części powierzchni szyby. Jedynie przy oddaleniu lasera zielonego o 20 m od samolotu przekroczono próg bezpiecznego dla wzroku natężenia światła. W pozostałych próbach zmierzono jednak wartości, przy których mogłoby dojść do osłepienia lub olśnienia²⁰.

W związku z ryzykiem uszkodzenia wzroku i skóry unika się prowadzenia badań nad oddziaływaniem laserów na przebieg lotu z udziałem ludzi. Warto jednak pochylić się nad doświadczeniem dotyczącym podobnego w skutkach olśnienia wywołanego światłem odbitym od paneli fotowoltaicznych. Omawiany eksperyment odbył się w laboratorium FAA w Oklahoma City. Przebadano w nim 20 pilotów, których w trakcie lotu symulowanego osłepiano z wykorzystaniem zestawu lamp o mocy 50 W. W kolejnych próbach lampy ustawiano pod różnymi kątami względem osi podłużnej samolotu oraz uruchamiano na czas 1 s lub 5 s. Badanie z wykorzystaniem kwestionariusza wykazało, że pomimo braku zakłóceń w przebiegu operacji lotniczej piloci odczuwali trudności w wykonywaniu lotu oraz przy śledzeniu wskazań przyrządów. Obciążenie wywołane światłem było większe przy dłuższym czasie włączenia lamp, ale malało wraz ze wzrostem kąta padania promieni¹⁵.

Podsumowanie i propozycje działań zapobiegawczych

Na podstawie powyższych rozważań należy stwierdzić, że problem osłepiania pilotów laserami stanowi obecnie wyzwanie dla systemu zarządzania bezpieczeństwem w lotnictwie.

Obserwowany od kilku lat wzrost częstotliwości zdarzeń lotniczych oraz potencjalnie poważne ich skutki sprawiają, że odpowiednie instytucje i organizacje muszą podjąć bardziej zdecydowane działania na rzecz ograniczenia ryzyka.

Działania zapobiegawcze związane z omawianym zagrożeniem obejmują pięć głównych obszarów^{16 17}:

- implementację regulacji prawnych,
- prowadzenie działalności edukacyjnej,
- tworzenie stref ochronnych lotów,
- opracowywanie procedur dla załóg statków powietrznych,
- badania nad środkami ochrony pilota przed promieniowaniem laserowym.

Odpowiednie przepisy prawa pozwalają na karanie sprawców incydentów oraz mogą odstraszać potencjalnych sprawców przed popełnieniem czynu zabronionego. W Polsce w ustawie Prawo Lotnicze sformułowano zapis, zgodnie z którym za emisję wiązki laserowej lub świetlnej w kierunku statku powietrznego w sposób stanowiący zagrożenie dla bezpieczeństwa lotów grozi kara grzywny, ograniczenia wolności lub pozbawienia wolności do roku^{4 19}. Jak wynika z danych statystycznych, przewidziane środki nie zniechęcają ludzi. Co więcej, z uwagi na duży zasięg laserów sprawców oślepień wykrywa się z dużą trudnością¹⁷. W zakresie przepisów należy więc rozważyć zaostrzenie kar za oślepianie pilotów oraz regularne szkolenia dla służb z reagowania na zaistniałe incydenty.

Oprócz prac w dziedzinie regulacji prawnych należy także kontynuować zapoczątkowaną przez Urząd Lotnictwa Cywilnego w 2018 roku kampanię edukacyjną „Laser to nie zabawka”. Obejmuje ona rozpowszechnianie materiałów informacyjnych w przestrzeni publicznej i medialnej oraz prelekcje w szkołach¹⁴. Z uwagi

na wciąż wysoką częstotliwość zdarzeń trzeba rozważyć zwiększenie intensywności kampanii i zwiększenie jest zasięgu.

Ważnym środkiem ochronnym może stać się także uregulowanie statusu stref ochronnych lotów. Po raz pierwszy wprowadzono je w USA⁵, a z czasem zalecenie ich tworzenia włączono do Załącznika 14 ICAO²². Opisane strefy to fragmenty przestrzeni kontrolowanej w sąsiedztwie lotniska z ograniczoną dopuszczalną irradancją widzialnej wiązki lasera²². Wprowadzenie tego środka wraz z karami za łamanie ustalonych ograniczeń mogłoby zmniejszyć liczbę incydentów w fazie startu i lądowania.

Pozostałe działania do podjęcia w celu redukcji ryzyka związanego z oślepieniem pilota laserem obejmują szkolenia dla załóg z reagowania w sytuacji napotkania promieniowania laserowego (m. in. według normy SAE ARP5598^{16 17}) oraz opracowywanie środków ochrony oczu. Zwłaszcza to ostatnie rozwiązanie może wpłynąć na znaczną poprawę bezpieczeństwa w powietrzu. Obecnie na rynku dostępne są specjalne okulary przeciwoślepieniowe (ang. Laser Glare Protection, LGP)⁶. Wysoka cena oraz filtr światła tylko jednego koloru (zwykle zielonego) sprawiają, że stosuje się je w ograniczonym zakresie. Opracowanie przystępnych cenowo okularów filtrujących kilka barw, a w dalszej kolejności powłok ochronnych na szybę kokpitu z pewnością stanie się przełomem w walce z problemem oślepiania pilotów.

Wszystkie opisane działania wymagają współpracy wielu podmiotów odpowiedzialnych bezpośrednio lub pośrednio za bezpieczeństwo lotów. Podjęcie właściwych kroków jest jednak konieczne do odwrócenia negatywnego trendu i ograniczenia liczby incydentów z laserami.

inż. Wojciech Sikora
Politechnika Poznańska

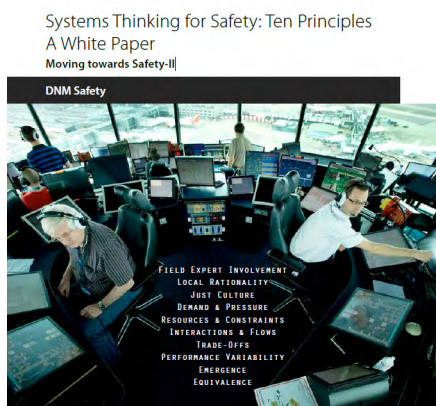
Bibliografia

- ¹ Biuletyn Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym 2(23), (2023).
- ² Civil Aviation Authority [online]. Wielka Brytania. [dostęp: 20.05.2025]. Dostęp w Internecie: <https://www.caa.co.uk/>.
- ³ Doc 9815: Manual on laser emitters and flight safety. ICAO, (2003).
- ⁴ Fortońska, A., Dębowski, L.: Lasers - just a toy or a serious threat to aviation safety? Legal and comparative analysis of selected countries. *Transportation Research Procedia* 75, 219-228 (2023).
- ⁵ Hoffmann, T.: Blinded by the Light: A Look at Cockpit Laser Illumination Events. *FAA Safety Briefing* 62(2), 16-19 (2023).
- ⁶ Jakobs, F. M. i in.: Development of Contemporary Laser Protection Glasses for the Bundeswehr Flying Personnel: Results of Visual Testing. *Wehrmedizinische Monatsschrift* 66(5), (2022).
- ⁷ Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2024 – 2026. Urząd Lotnictwa Cywilnego, (2024).
- ⁸ Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2025 – 2027. Urząd Lotnictwa Cywilnego, (2025).
- ⁹ Laser Safety [online]. USA. Federal Aviation Administration. [dostęp: 20.05.2025]. Dostęp w Internecie: <https://www.faa.gov/about/initiatives/lasers>.
- ¹⁰ Murphy, P.: Laser safety concepts for aviation. W: ILSC® 2015: Proceedings of the International Laser Safety Conference, s. 214-225. Laser Institute of America, (2015).
- ¹¹ Murphy, P.: Lasers and aviation safety. W: ILSC® 2009: Proceedings of the International Laser Safety Conference, s. 41-50. Laser Institute of America, (2009).
- ¹² Nakagawara V. B. i in.: The Effects of Laser Illumination on Operational and Visual Performance of Pilots Conducting Terminal Operations. Office of Aerospace Medicine, DOT/FAA/AM-03/12, Washington DC (2003).
- ¹³ Nakagawara V. B.; Montgomery R. W.: Laser Pointers: Their Potential Affects on Vision and Aviation Safety. Office of Aerospace Medicine, DOT/FAA/AM-01/7, Washington DC, (2001).
- ¹⁴ Petrocinio, R. R.; Lourenção, H. J.: Protection Against the Threat of Laser Beams: Operational and Training Procedures of the Brazilian Air Force. *Journal of the Americas* 2(9), 223-239 (2020).
- ¹⁵ Rogers J. A. i in.: Evaluation of Glare as a Hazard for General Aviation Pilots on Final Approach. Office of Aerospace Medicine, DOT/FAA/AM-15/12, Washington DC (2015).
- ¹⁶ Sikora, W., Galant-Gołębiewska, M.: Zjawisko oślepienia pilotów laserem jako realny problem zagrożenia bezpieczeństwa wykonywania lotów. W: Żyluk, A., Semkło, Ł., Ciałkowski, M. (red.) *Nauka dla obronności. Perspektywy logistyki wojskowej i cywilnej w kontekście zapewnienia odporności energetycznej siłom zbrojnym*, tom 3, s. 133-142. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa (2024).
- ¹⁷ Sikora, W.: Badanie wpływu olśnienia światłem laserowym na bezpieczeństwo operacji lotniczej. [Praca inżynierska, Politechnika Poznańska], Poznań (2025).
- ¹⁸ TranStats [online]. USA. Bureau of Transportation Statistics. [dostęp: 20.05.2024]. Dostęp w Internecie: <https://www.transtats.bts.gov/homepage.asp>.
- ¹⁹ Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo Lotnicze (Dz. U. 2002 Nr 130 poz. 1112).
- ²⁰ Wawrzyński, W. i in.: The Potential Impact of Laser Pointers on Aviation Safety. *Energies* 15(17), (2022).
- ²¹ Wolska, A.; Głogowski, P.: Promieniowanie laserowe: Dokumentacja dopuszczalnych wartości natężenia czynnika fizycznego. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 1(63), 5-78 (2010).
- ²² Załącznik 14 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym: Lotniska, tom I: Projektowanie i eksploatacja lotnisk. ICAO (2018).

Systemowe podejście do bezpieczeństwa

- 10 zasad

Utrzymanie wysokiego poziomu bezpieczeństwa w lotnictwie wymaga podejścia, które uwzględnia złożoność i wzajemne zależności w systemach społeczno-technicznych. Biała Księga EUROCONTROL „Systems Thinking for Safety: Ten Principles” przedstawia kluczowe zasady myślenia systemowego, opracowane we współpracy z ekspertami z dziedziny bezpieczeństwa, ergonomii i nauk społecznych. Niniejszy artykuł omawia 10 zasad, które wspierają lepsze zrozumienie i doskonalenie systemów lotniczych, kładąc nacisk na bezpieczeństwo, wydajność i dobrostan. Od zaangażowania ekspertów terenowych, przez zrozumienie lokalnej racjonalności, po analizę interakcji i zmienności systemowej – zasady te oferują praktyczne ramy do zarządzania złożonymi systemami, inspirując do zmiany perspektywy spojrzenia na pracę i bezpieczeństwo w lotnictwie.



Aby zrozumieć i ulepszyć sposób funkcjonowania organizacji, musimy myśleć w kategoriach systemów. Oznacza to uwzględnianie interakcji między elementami systemu (ludzkimi, społecznymi, technicznymi, informacyjnymi, politycznymi, ekonomicznymi i organizacyjnymi) w kontekście celów tego systemu. Istnieją koncepcje, teorie i metody,

które pomagają to osiągnąć, ale często nie są one stosowane w praktyce. W rezultacie nadal opieramy się na przestarzałych sposobach myślenia, próbując zrozumieć i wpływać na funkcjonowanie systemów społeczno-technicznych. Biała Księga przedstawia niektóre użyteczne koncepcje jako zasady, które promują podejście oparte na „myśleniu systemowym”, pomagające zrozumieć i poprawić wydajność systemu.

10 zasad (10 Principles) zostało popartych perspektywami pracowników, menedżerów i specjalistów. Mają pomóc w zrozumieniu i poprawie systemów, szczególnie w kontekście bezpieczeństwa, wydajności i dobrostanu. Są skierowane do wszystkich zaangażowanych w działanie systemów: od pracowników pierwszej linii po kadrę zarządzającą.

W organizacji nic nie działa w izolacji – wszystko funkcjonuje w ramach połączonych i oddziałujących na siebie systemów. Kontrolerzy, asystenci, inżynierowie, przełożeni i personel wspierający regularnie współdziałają ze sobą oraz z pilotami, kierowcami i personelem lotniska. Ludzie wchodzi w interakcje z różnymi urządzeniami, informacjami i procedurami. To samo dotyczy sal operacyjnych kontroli obszaru, pomieszczeń ze sprzętem, centrów administracyjnych czy sal posiedzeń zarządu. W systemie wszystko jest ze sobą powiązane; nic nie jest całkowicie niezależne.

Te połączenia, interakcje i cel charakteryzują system. Formalnie system to „zbiór elementów lub części, które są spójnie zorganizowane i wzajemnie powiązane w strukturze, która wytwarza charakterystyczny zestaw zachowań, często określany jako jego „funkcja” lub „cel” (Meadows, 2009). W organizacjach usługowych cel ten musi być rozumiany z perspektywy klienta, co oznacza konieczność zrozumienia jego potrzeb. Wydajność systemu ocenia się na podstawie realizacji tego celu.

W praktyce granice systemu są relatywne i często niejasne, zależne od celu analizy (np. badania bezpieczeństwa, oceny systemu, projektowania). Ludzie i informacje przekraczają granice systemu, co prowadzi do wielości spojrzeń na system i jego cel. System jest konstrukcją społeczną, definiowaną przez to, co robi, a nie przez to, czym jest. Systemy istnieją na różnych poziomach – od stanowiska operacyjnego po organizację, przestrzeń powietrzną czy system lotniczy. Systemy są zagnieżdżone w innych systemach i przekraczają granice organizacyjne.

Niektóre elementy systemu są bardziej widoczne (np. ludzie, sprzęt), inne mniej, jak elementy organizacyjne (cele, harmonogramy, zachęty, zasady) czy polityczno-ekonomiczne (presje dotyczące zajętości pasa startowego, ograniczenia hałasu, cele wydajności). Pomimo tych interakcji, często próbujemy zrozumieć i zarządzać systemami społeczno-technicznymi na poziomie komponentów (osoba, sprzęt, dział). Skupienie na wydajności komponentów jest powszechne w praktykach organizacyjnych, takich jak badania incydentów koncentrujące się na działaniach kontrolera, schematy bezpieczeństwa behawioralnego, oceny indywidualnej wydajności czy systemy motywacyjne. Zakłada się, że większy wysiłek jednostki czy ścisłe przestrzeganie zasad wystarczy, by wszystko działało dobrze. Jednak, jak zauważył W. Edwards Deming, zakładanie, że wystarczy, by każdy wykonywał swoją pracę, jest błędem – cały system może być w kłopotach. Russel Ackoff dodawał, że poprawa wydajności poszczególnych części może obniżyć wydajność całości.

W lotnictwie systemy są złożone, z wieloma oddziałującymi elementami, dynamicznymi zmianami i nieliniowymi relacjami przyczynowo-skutkowymi. Efekty mają wiele przyczyn, które są trudne do wyśledzenia i konstruowane społecznie. Zachowanie systemu wynika z okoliczności i interakcji, a systemy złożone mają historię i ewoluują nieodwracalnie. Choć z perspektywy czasu mogą wydawać się uporządkowane, w rzeczywistości są coraz mniej przewidywalne. W odróżnieniu

od skomplikowanych, ale przewidywalnych systemów, jak silnik samolotu, organizacje to celowe systemy społeczno-techniczne. Jednak często traktujemy je jak skomplikowane maszyny, stosując redukcjonistyczne analizy, szukając „głównych przyczyn” czy zarządzając przez liczby i krótkoterminowe cele.

Podjęcie systemowe oznacza postrzeganie systemu jako celowej całości, a nie zbioru części. Poprawa wydajności systemu – bezpieczeństwa i produktywności – wymaga działania na systemie, a nie tylko zarządzania ludźmi. Uwzględnia się różne role interesariuszy: aktorów systemu (pracownicy, użytkownicy usług), projektantów, decydentów i influencerów systemu. Zasady myślenia systemowego, opisane w „Białej Księdze”, wspierają praktykę, szczególnie w kontekście bezpieczeństwa (Safety-II), które koncentruje się na zapewnieniu, że jak najwięcej rzeczy przebiega prawidłowo, traktując człowieka jako zasób dla elastyczności i odporności systemu. Zasady te, poparte perspektywami interesariuszy, mają inspirować zmianę myślenia o pracy, systemach i bezpieczeństwie, wskazując na istniejące metody systemowe i zachęcając do ich eksploracji.

Zasada 1 Field expert involvement

Aby zrozumieć, jak praca jest wykonywana i poprawić sposób, w jaki rzeczy faktycznie działają, należy zaangażować tych, którzy ją wykonują.

Ludzie, którzy wykonują konkretną pracę, są specjalistami w swojej pracy i mają kluczowe znaczenie dla doskonalenia systemu. Perspektywy „ekspertów terenowych” muszą zostać zsyntetyzowane poprzez ściślejszą współpracę odpowiednich uczestników systemu, projektantów systemu, osób mających wpływ na system i decydentów (w zależności od celu). Wymagania związane z pracą i różne bariery (organizacyjne, fizyczne, społeczne, osobiste) mogą utrudniać taką integrację. Ale aby zrozumieć „work as done” i ulepszyć system, konieczne jest przełamanie tradycyjnych granic.



Zasada 2 Local Rationality

Praca musi być rozumiana z lokalnej perspektywy osób ją wykonujących.

Ludzie robią rzeczy, które mają dla nich sens, biorąc pod uwagę swoje cele, zrozumienie sytuacji i koncentrację uwagi w danym momencie. Każdy będzie miał swoją własną „lokalną racjonalność”, będzie wiele spojrzeń na każdą konkretną sytuację lub wydarzenie. Nie oznacza to słabej analizy, ale akceptację, że ta sama sytuacja będzie postrzegana inaczej.

Zrozumienie wydajności systemu opiera się na zdolności do przełączania się między różnymi perspektywami i dostrzegania wzajemnie oddziałujących trajektorii doświadczeń poszczególnych osób i ich interakcji. Badanie wielu i zróżnicowanych poglądów na przeszłe wydarzenia i bieżące kwestie ujawnia różne elementy systemu, które wpływają na jego wydajność, w tym wymagania, presję, zasoby i ograniczenia. Zaczynamy dostrzegać kompromisy, dostosowania i adaptacje oczami osób wykonujących pracę. Pomoże to ujawnić aspekty systemu, które powinny być przedmiotem dalszych badań.

Zasada 3 Just Culture

Ludzie zazwyczaj starają się dać z siebie wszystko i osiągnąć dobry wynik.

Należy zatem przyjąć podejście oparte na otwartości, zaufaniu i uczciwości, rozpatrywać ludzkie działania w kontekście, patrzeć „systemowo” i używać komunikacji, która nie ocenia i nie obwinia.

Systemy nie istnieją w moralnej próżni. Organizacje to przede wszystkim systemy społeczne. Kiedy coś idzie nie tak, ludzie mają

naturalną tendencję do porównywania sposobu i efektów wykonywanej pracy z wyobrażeniami i szukania winnych. W wielu przypadkach uwaga skupia się na osobie znajdującej się blisko „ostrego końca”. Dochodzenia kończą się badaniem osoby i jej działania, a nie systemu i jego działania.

Nie można w prosty sposób oddzielić wydajności jakiegokolwiek części złożonego systemu od wydajności systemu jako całości. Odnosi się to także do „ludzkich osiągnięć”, których nie można w sensowny sposób podzielić na wyrwane z kontekstu działania i zdarzenia. Jednak często właśnie to robimy, gdy staramy się zrozumieć konkretne wyniki, zwłaszcza zdarzenia niepożądane, ponieważ często są to jedyne zdarzenia, którym poświęca się dużo uwagi. „Just Culture” zdefiniowano jako kulturę, w której osoby „na pierwszej linii” oraz inne zaangażowane nie są karane za działania, zaniechania lub podejmowane przez nich decyzje proporcjonalne do ich doświadczenia i przeszkolenia, ale w której rażące zaniedbanie, umyślne naruszenia i czyny destrukcyjne nie są tolerowane. To ważne, ponieważ wiemy, że możemy się wiele nauczyć z przypadków, w których coś poszło nie tak, mimo, że intencje były dobre.

Kultura sprawiedliwego traktowania oznacza uznanie potrzeby ustanowienia jasnego wzajemnego zrozumienia między personelem, kierownictwem, organami regulacyjnymi, organami ścigania i sądownictwem. Pomaga to uniknąć niepotrzebnej ingerencji, jednocześnie budując zaufanie, współpracę i zrozumienie co do istotności odpowiednich działań i obowiązków.

To, co wydawało się właściwe w danej sytuacji, z perspektywy czasu oraz przy pełniejszej wiedzy może wydawać się niewłaściwe. Nawet pozornie niewinne wyrażenia, takie jak „popełnił błąd” czy „nie udało się”, mogą zostać odebrane lub przetłumaczone jako nieostrożność, samozadowolenie, wina itp. Chociaż nie możemy łatwo pozbyć się perspektywy czasu, możemy spróbować



spojrzeć na sprawy z punktu widzenia danej osoby i używać języka systemowego zamiast języka, który jest osądający (na temat tego, co dana osoba mogła lub powinna była zrobić).

Zasada 4 Demand and pressure

Wydajność należy rozumieć w kategoriach zapotrzebowania / „popytu” na usługi, które „produkuje” system i wynikającej z niego presji.

Wymagania i presja związane z wydajnością i zdolnością produkcyjną / potencjałem / pojemnością (CAPACITY) mają fundamentalny wpływ na osiąganе wyniki. Zaspokojenie potrzeb / popytu jest potężną dźwignią przy projektowaniu systemu. Aby zoptymalizować sposób działania systemu, system musi absorbować i zaspokajać różnorodność, a nie ograniczać ją w sposób, który nie pomaga klientowi / odbiorcy (przez wyznaczanie „targetów”, biurokrację, nadmierną „proceduralizację”).

Trzeba iść w kierunku zmniejszania ryzyka wystąpienia awarii (które często jest pod kontrolą organizacji), optymalizowania zasobów (kompetencje, sprzęt, procedury, poziom zatrudnienia) i/lub poprawa płynności procesów. Wszystkie spełniają potrzeby klientów, w tym potrzebę bezpieczeństwa, a więc realizują cele systemu.

Zasada 5 Resources & constraints

Należy rozważyć dostępność personelu, informacji, kompetencji, sprzętu, procedur i innych zasobów, a także adekwatność procedur i innych wymogów.

Sukces zależy od odpowiednich zasobów i właściwych barier. Zrozumienie, w jaki sposób ludzie tworzą bezpieczeństwo, wymaga zrozumienia stanu zasobów i ich ograniczeń (dla

normalnych operacji i w czasie konkretnego zdarzenia) oraz ich zmienności w czasie, ponieważ to właśnie doświadczenia historyczne będą kształtować oczekiwania, a tym samym lokalną racjonalność ekspertów / pracowników „liniowych”. Zrozumienie to można uzyskać jedynie przy zaangażowaniu specjalistów pracujących w danej dziedzinie, ponieważ to, co może wydawać się odpowiednie i właściwe z zewnątrz, może wyglądać zupełnie inaczej od wewnątrz.

Zasada 6 Interactions & flows

Zrozumienie wydajności systemu w kontekście przepływów działań i funkcji, a także wzajemnych interakcji.

Praca przebiega w strumieniach wzajemnie powiązanych i oddziałujących na siebie działań. Gdy patrzymy na system jako całość można zauważyć pewne wzorce aktywności i przepływy - interakcje systemowe, które dotyczą integracji ludzkich, technicznych, informacyjnych, społecznych, politycznych, ekonomicznych i organizacyjnych elementów systemu. Charakter interakcji, przepływów i wzorców oraz cel - określają system. Istnieje wiele metod badania (np. dot. czynnika ludzkiego/ergonomii), które analizują interakcje z udziałem ludzi w systemach. Analiza tych interakcji w kontekście przepływu pracy, w ramach szerszego systemu i z punktu widzenia osób zaangażowanych pomoże ulepszyć system, zarówno pod kątem bezpieczeństwa, jak i wydajności.

Zasada 7 Trade-offs

Zastanów się, w jaki sposób ludzie osiągają kompromisy z ich punktu widzenia i spróbuj zrozumieć, w jaki sposób równoważą efektywność i staranność w świetle warunków systemowych.

Ludzie muszą stosować kompromisy, aby rozwiązywać konflikty celów i radzić sobie ze złożonością systemu i niepewnością środowiska. Istnieje kilka różnych rodzajów kompromisów, ale podstawowym jest „kompromis między wydajnością a dokładnością” czy też „ilością a jakością”. Różnice w warunkach systemowych (zapotrzebowanie i presja, zasoby i ograniczenia) często stwarzają potrzebę przedkładania wydajności nad dokładnością. Aby osiągnąć wydajność, ograniczamy planowanie, szybko zbieramy informacje i oceniamy sytuację, podejmujemy decyzje na podstawie rozpoznania objawów i „przecucia”, szybciej wprowadzamy dane, pracujemy wielozadaniowo, mówimy szybciej, ograniczamy sprawdzanie i tak dalej.

Zasada 8 Performance variability

Zrozumienie zmienności warunków i zachowania systemu. Identyfikacja pożądaney i niepożądaney zmienności w świetle potrzeb systemu i tolerancji na nią.

Konieczne jest ciągłe dostosowywanie się do zmiennych wymagań i warunków. Wykonanie tego samego zadania lub czynności będzie się różnić. W organizacjach zapotrzebowanie jest przynajmniej częściowo nieprzewidywalne, zasoby ulegają wahaniom, a cele i normy zmieniają się. Warunki systemowe i warunki wstępne dla wydajności nie są w pełni znane i zmieniają się w czasie. Z perspektywy wyższego poziomu istnieje kilka kluczowych pytań:

- Czy zmienność wydajności mieści się w akceptowalnych granicach?
- Czy system działa w pożądanym zakresie?
- Czy adaptacje i dostosowania prowadzą do dryfu w niestabilny lub niepożądany stan systemu?

Dryf następuje powoli i może być trudny do zidentyfikowania od wewnątrz bez odpowiednich środków. W przypadku zidentyfikowania niepożądaney zmienności należy podjąć działania skierowane na system, a nie na osobę.

Zasada 9 Emergence (Emergencja)

Rozważenie, w jaki sposób systemy działają i współdziałają w sposób, który nie był oczekiwany lub planowany podczas projektowania i wdrażania.

Zachowanie systemu w złożonych strukturach jest często emergentne, nie można go zredukować do zachowania poszczególnych komponentów i często nie jest zgodne z oczekiwaniami. Emergencja jest szczególnie widoczna przy wdrażaniu systemów technicznych, gdzie często pojawiają się niespodzianki, nieoczekiwane adaptacje i niezamierzone konsekwencje. Wymuszają one ponowne przemyślenie wdrożenia i działania systemu. Oryginalny projekt staje się mniej istotny, okazuje się, że system nie jest taki, jak sobie wyobrażano.

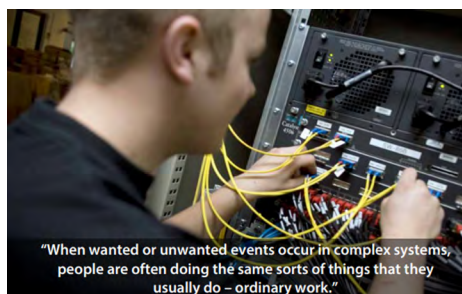
Myślenie systemowe i „inżynieria odporności” (resilience engineering) zapewniają podejście, które pomaga przewidzieć i zrozumieć zachowanie systemu, aby zapewnić, że wszystko pójdzie dobrze. Podejście to zakłada, aby iść „w górę i na zewnątrz” zamiast „w dół i do środka” oraz próbować zrozumieć system jako taki (struktura, ograniczenia, interakcje) i wykonywaną pracę (adaptacje, dostosowania) przed próbą zrozumienia jakiegokolwiek konkretnego wydarzenia, zdarzenia lub ryzyka.

Zasada 10 Equivalence

Skupienie się nie tylko na niepowodzeniach, ale także na tym, jak zmienia się codzienna wydajność i jak system przewiduje, rozpoznaje i reaguje na zmiany i wydarzenia.

Sukces i porażka pochodzą z tego samego źródła - zwykłej pracy. Kiedy coś idzie nie tak, nasze założenie jest takie, że coś lub ktoś działa nieprawidłowo lub zawiódł. Kiedy rzeczy idą dobrze, tak jak przez większość czasu, zakładamy, że system funkcjonuje tak, jak został zaprojektowany a ludzie pracują tak, jak sobie wyobrażaliśmy. Sukces i porażka są zatem różnie postrzegane. Uważamy, że jest coś szczególnego / specjalnego w niechcianych, niepożądanych zdarzeniach. To założenie

kształtuje naszą reakcję. Kiedy coś idzie nie tak, często staramy się znaleźć i naprawić „zepsuty komponent” lub dodać kolejne ograniczenie czy barierę. Kiedy wszystko idzie dobrze, nie zwracamy na to uwagi.



Podczas gdy nasze wysiłki i zasoby w zakresie bezpieczeństwa koncentrują się na rzeczach, które mogą pójść źle (zdarzenia i zagrożenia), musimy bardziej skupić się na zachowaniu systemu w kontekście zwykłej pracy. W praktyce oznacza to zrozumienie, jak naprawdę działa praca, jak naprawdę funkcjonuje system i jakie są luki między pracą wyobrażoną a wykonaną. Na tej podstawie skuteczniejsze byłoby zbadanie systemu, a nie tylko danego zdarzenia. Podejście proaktywne obejmuje ciągłe monitorowanie systemu i jego możliwości. Celem jest poprawa efektywności systemu poprzez zwiększenie jego zdolności do przewidywania, reagowania i uczenia się. Może to obejmować zapewnienie lepszych zasobów, dostosowanie interakcji, poprawę przepływu informacji lub zwiększenie elastyczności i zdolności reagowania poprzez usunięcie niepotrzebnych ograniczeń. Poprawiając liczbę rzeczy, które idą dobrze, poprawia się bezpieczeństwo i osiągnęte są inne ważne cele.

Zasady przedstawione w „białej księdze” promują podejście oparte na myśleniu systemowym, które pozwala lepiej zrozumieć funkcjonowanie złożonych systemów, zarówno w kontekście zwykłej pracy, jak i nietypowych zdarzeń lub sytuacji. Te uniwersalne wytyczne mogą być stosowane przez każdego pracownika w różnych aspektach jego działalności zawodowej, niezależnie od pełnionej roli i zajmowanego stanowiska w organizacji. Kluczowe znaczenie ma praktyczna wiedza na temat metod zbierania, analizowania i syntezy danych, co umożliwia głębsze

zrozumienie procesów w ramach systemu funkcjonalnego. Obserwacja zwykłej pracy z ekspertami w danej dziedzinie jest ważna, aby zrozumieć jak naprawdę działają (nawet, lub szczególnie, w przypadku nietypowych zdarzeń). Obserwowana powinna być praca i zachowanie systemu, a nie jednostka, bo praca musi być rozumiana w kontekście warunków systemowych – zapotrzebowania, presji, zasobów i ograniczeń.

Powyższe zasady nie działają w oderwaniu od siebie - współdziałają i wchodzą w interakcje na różne sposoby, w różnych sytuacjach.

Powyższy materiał został w całości oparty na oryginalnym dokumencie „Systems Thinking for Safety: Ten Principles. A White Paper. Moving towards Safety-II” dostępnym do pobrania na Portalu Skybrary: <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/2882.pdf>

Dorota Kowalska, Natalia Najgebaor
Departament Zarządzania Bezpieczeństwem
w Lotnictwie Cywilnym

Adrenalina na wysokości: Sekrety bezpiecznego spadochroniarstwa



W ostatnich latach skoki spadochronowe w tandemie cieszą się coraz większym zainteresowaniem, ze względu na łatwą dostępność dla wszystkich, nawet niezwiązanych z tym sportem. Z uwagi na to, że do wykonania skoku w tandemie z wykwalifikowanym instruktorem pasażer nie potrzebuje posiadać doświadczenia, ani skomplikowanej wiedzy na ten temat, skoki te stały się bardzo popularnym pomysłem na prezent.

Skoki w tandemie wymagają od uczestnika złożenia odpowiedniego oświadczenia, odbycia krótkiego szkolenia polegającego na omówieniu przez tandem-pilota zasad bezpieczeństwa i charakterystyki planowanego skoku, przećwiczeniu jego poszczególnych elementów tuż przed skokiem i finalnie współpracy z instruktorem, który jest odpowiedzialny za przebieg całego skoku. W niniejszym artykule przyjrzymy się kluczowym aspektom bezpieczeństwa w zakresie skoków

spadochronowych – zwłaszcza wykonywanych w tandemie, omawiając zarówno przygotowanie sprzętowe jak i procedury, które minimalizują ryzyko i pozwalają cieszyć się niezapomnianymi chwilami, a także przedstawimy statystyki dotyczące wypadków i poważnych incydentów w tym zakresie z ostatnich lat.

W celu ułatwienia dostępu do obowiązujących przepisów i wymagań zawartych w różnych aktach normatywnych oraz ich uporządkowania, w 2022 r. Urząd Lotnictwa Cywilnego we współpracy z ekspertami reprezentującymi podmioty lotnicze opracował materiał doradczy w sprawie organizacji skoków spadochronowych – **„Zasady organizacji skoków spadochronowych”**, z którym można się zapoznać pod poniższym adresem: <https://ulc.gov.pl/zarzadzanie-bezpieczenstwem/przepisy-i-materialy-doradcze/materialy-doradcze/zasady-organizacji-skokow-spadochronowych>

Publikacja przedstawia zbiór wybranych elementów oraz odniesień do obowiązujących przepisów regulujących organizację i realizację skoków spadochronowych, czyniąc ją cennym kompendium nie tylko dla organizatorów skoków spadochronowych, ale również wszystkich zainteresowanych operacjami spadochronowymi.

Ograniczenia zdrowotne dotyczące uczestnictwa w skokach spadochronowych

Skoki spadochronowe należą do aktywności ekstremalnych, które wymagają odpowiedniego przygotowania fizycznego oraz psychicznego. Przed wykonaniem skoku ze spadochronem w tandemie niezbędne jest dopełnienie formalności. Zgodnie z regulacjami Skoczek spadochronowy niepodlegający obowiązkowym badaniom lotniczo-lekarskim zobowiązany jest do złożenia organizatorowi skoków spadochronowych oświadczenia o swoim stanie zdrowia, uwzględniając stan fizyczny, psychiczny oraz inne aspekty, które mogłyby mieć wpływ na bezpieczeństwo skoku. Istnieje kilka przeciwwskazań zdrowotnych, które bezwzględnie wykluczają możliwość uczestnictwa w tego typu przedsięwzięciu.

W pierwszej kolejności skoki są kategorycznie zabronione osobom z chorobami i urazami kręgosłupa, takimi jak złamania, zaawansowane skrzywienia czy też inne dolegliwości zwiększające ryzyko urazów w tym obszarze. Dotyczy to również osób z łamliwością kości, w szczególności kości kończyn. W trakcie skoku takie osoby mogą doznać poważnych obrażeń, a znajdujący się wraz z nimi w powietrzu instruktor nie będzie w stanie udzielić im skutecznej pomocy medycznej. Podobne ograniczenia obowiązują osoby z poważnymi schorzeniami układu oddechowego lub krążenia. Intensywne emocje i fizyczne obciążenie związane zwykonym skokiem mogą doprowadzić do nagłego pogorszenia stanu zdrowia – od trudności z oddychaniem, aż po zagrażające życiu zatrzymanie akcji serca. Ze względów bezpieczeństwa skoki spadochronowe są również niedozwolone

dla osób cierpiących na ciężkie zaburzenia psychiczne, zwłaszcza jeśli objawiają się one panicznym lękiem, impulsywnością lub niekontrolowanym zachowaniem. Takie przypadki mogą stanowić poważne zagrożenie nie tylko dla samego uczestnika, ale także dla towarzyszącego mu instruktora. Zatajanie informacji o tego rodzaju dolegliwościach jest traktowane jako poważne naruszenie zasad bezpieczeństwa. Zakaz dotyczy także osób z padaczką oraz tych będących pod wpływem substancji psychoaktywnych (w tym niektórych leków). Ponadto w oświadczeniu podjęta jest kwestia narkotyków, środków psychotropowych i innych o podobnym działaniu, jak również spożycia alkoholu. Dopuszczenie do skoków spadochronowych osób będących pod wpływem ww. środków jest kategorycznie zakazane. Ponadto każdy uczestnik zostaje poinformowany przez pilota tandemu o niebezpieczeństwie zagrożenia życia bądź zdrowia podczas wykonywania skoku, a także o braku możliwości udzielenia pomocy w trakcie wykonywania skoku.

Warto jednak przypomnieć, że nie ma przeciwwskazań związanych z wiekiem, do wykonywania skoków spadochronowych. Zarówno osoby niepełnoletnie jak i seniorzy mogą doświadczyć tego przeżycia, jednak warunkami są: osiągnięcie minimalnego wzrostu, który zazwyczaj wynosi 120 cm, pisemna zgoda rodziców bądź opiekunów prawnych w przypadku osób niepełnoletnich oraz spełnienie limitów wagowych, w przypadku których najczęściej ustalona granica to maksymalnie 100 - 110kg. Jeśli chodzi o osoby z niepełnosprawnościami to również skaczą w tandemie ze spadochronem – w takich przypadkach każda sytuacja jest rozpatrywana indywidualnie. Decyzję o możliwości skoku podejmuje organizator i instruktor, biorąc pod uwagę specyfikę niepełnosprawności. Wiele osób z niepełnosprawnością ruchową, w tym poruszających się na wózkach, może skakać w tandemie.

Przygotowanie do skoku ze spadochronem

Każdy skok powinien być przeprowadzony zgodnie z regulaminem wykonywania skoków spadochronowych, który jest tworzony na potrzeby konkretnego organizatora i uwzględnia co najmniej rodzaj i specyfikę wykonywanych operacji, rodzaj używanego sprzętu, kategorie i charakterystykę statków powietrznych używanych do zrzutu skoczków, rodzaje wykonywanych skoków oraz miejsce wykonywania operacji. Regulamin wykonywania skoków spadochronowych organizatora musi być spójny z Instrukcją Operacyjną lotniska lub lądowiska, na którym operacje spadochronowe są realizowane i Instrukcją Operacyjną Zarządzającego Przestrzenią Powietrzną (ATM/ANS) w zakresie organizacji i wykonywania skoków spadochronowych.

Po dopełnieniu formalności następuje dobór sprzętu. W rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. (Dz.U. z 2019 r. poz. 1497) w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków powietrznych, w załączniku nr 4 zostały szczegółowo przedstawione kwestie dotyczące używania spadochronów. Zgodnie z regulacjami prawnymi każdy tandem-pilot jest zobowiązany do samodzielnego sprawdzenia użytkowanego przez siebie spadochronu przed każdym skokiem. Spadochron zapasowy używany do skoku z pasażerem należy wyposażać w AAD - Automatic Activation Device - specjalnie zaprojektowane automatyczne urządzenia aktywujące otwarcie czaszy spadochronu. W przypadku paniki, gdy zapomni się pociągnąć za linkę spadochronu, urządzenie automatycznie otworzy spadochron po przekroczeniu określonej wysokości. Dodatkowo organizator skoków powinien wyznaczać osobę odpowiedzialną za dokonywanie kontroli osób oraz spadochronów szkolnych i tandemów niezależnie od sprawdzeń wzajemnych instruktorów/pilotów tandemu na tzw. „linii sprawdzenia” lub przy

załadunku na pokład wywożącego skoczków statku powietrznego.

W dalszej kolejności uczestnik otrzymuje niezbędną uprząż tandemową, która jest indywidualnie dopasowywana do wzrostu oraz wagi uczestnika. Jej zadaniem jest „przymocowanie” pasażera do instruktora, zapewniając bezpieczeństwo i stabilność



podczas lotu. Ponadto organizator zapewnia gogle ochronne, które mają za zadanie chronić oczy przed wiatrem, ale również umożliwiają uczestnikowi bezpieczne noszenie okularów korekcyjnych, a także opcjonalnie, indywidualnie dobierany kombinezon ochronny. Kolejnym, zasadniczym punktem na drodze do skoku, jest odbycie szkolenia prowadzonego przez tandem-pilota. Trwa ono zazwyczaj 15-30 minut i ma za zadanie omówić zasady bezpieczeństwa oraz instrukcje dotyczące pozycji ciała w poszczególnych fazach – wyskoku, swobodnego spadania oraz lądowania. Ponadto przedstawiane są metody/sposoby komunikacji z instruktorem obowiązujące podczas lotu. Wyjaśniane są także kwestie zachowania od momentu zajęcia miejsca w samolocie, aż do wylądowania, tak aby był utrzymany odpowiedni poziom bezpieczeństwa na każdym etapie przedsięwzięcia. Zgodnie z regulacjami podstawowym dokumentem operacyjnym niezbędnym podczas wykonywania skoków lub zrzutów skoczków spadochronowych jest „Lista załadowcza” osób mających wejść na pokład statku powietrznego. Przed skokiem dobrze jest wykonać kilka podstawowych



ćwiczeń rozluźniających. Przeciętna prędkość swobodnego spadania wynosi ok. 200km/h, z kolei ciało człowieka nie jest przyzwyczajone do takiego nacisku. Podstawowe ćwiczenia nóg, szyi, rąk i pleców powinny pomóc rozluźnić mięśnie, a przy okazji zmniejszyć to również poziom stresu.

Zupełnie naturalną kwestią jest fakt odczuwania lęku tuż przed samym skokiem. Chociaż nie ma żadnych w pełni uniwersalnych metod radzenia sobie z tego rodzaju stresem, najlepszą opcją jest branie długich, głębokich oddechów w regularnych odstępach co 8-10 sekund.

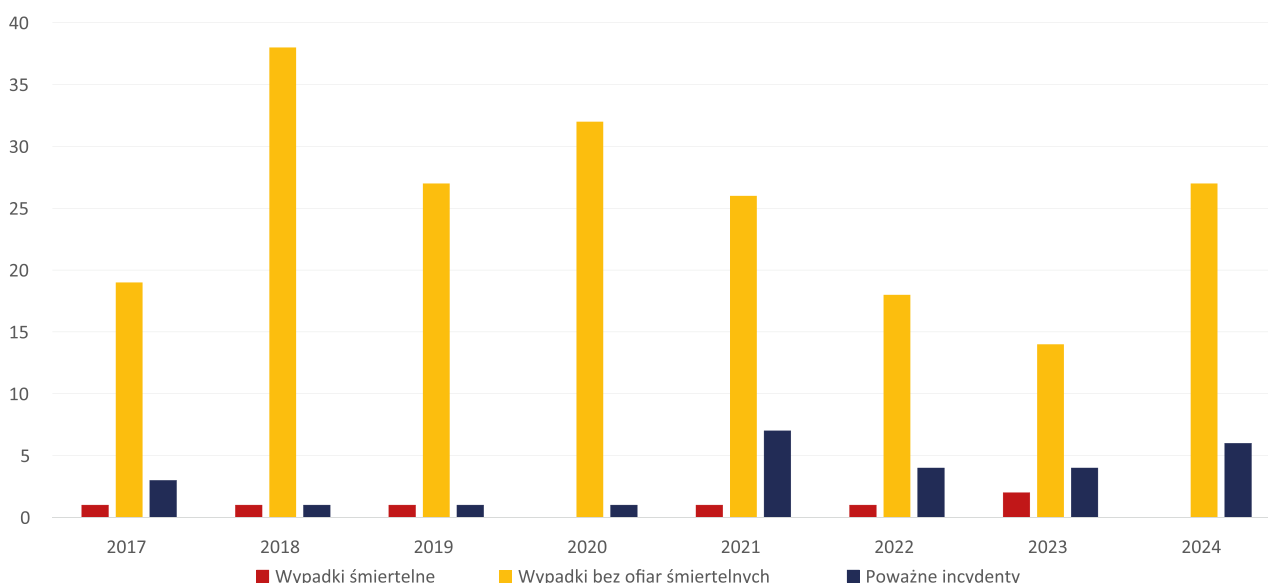
Z reguły ludzie nie pamiętają większości swojego pierwszego skoku. Ponieważ doświadczenie

jest ekscytujące, wszystko wydaje się poruszać w niewiarygodnie szybkim tempie, co jest trudne do przyswojenia / zaabsorbowania. Większe opanowanie swych uczuć i odczuć oraz możliwość pełnego docenienia walorów tej nieporównywalnej z niczym innym rozrywki pojawi się zapewne dopiero około trzeciego lub czwartego skoku.

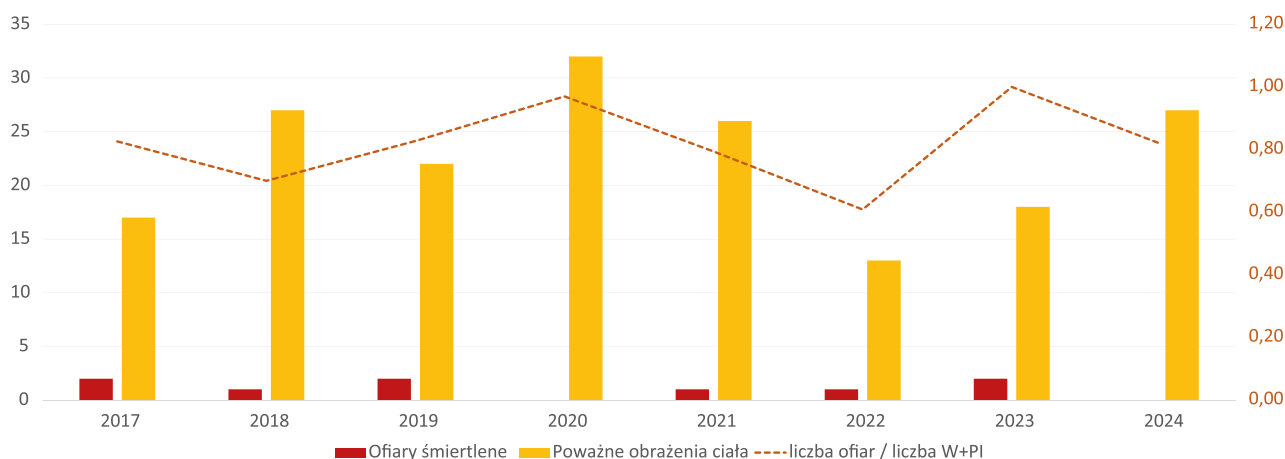
W większości przypadków swobodne spadanie (swobodny lot jeszcze przed otwarciem się czaszy spadochronu) nie trwa dłużej niż minutę. Dlatego gdy ogólny pierwszy szok minie, należy jak najszybciej zacząć cieszyć się wspaniałymi widokami!

Statystyki dotyczące wypadków i poważnych incydentów z udziałem spadochronów w latach 2017-2024

Jeżeli przeanalizujemy statystyki dotyczące wypadków i poważnych incydentów, do których doszło w trakcie skoków spadochronowych w latach 2017-2024 to możemy stwierdzić, że zdarzają się one dość rzadko – biorąc pod uwagę, że według FAI ISC Poland w skali całego kraju co roku wykonywanych jest nawet dwieście tysięcy skoków. Należy zwrócić uwagę, że wskaźnik liczba ofiar na liczbę Wypadków i Poważnych Incydentów nie oznacza wyłącznie ofiar śmiertelnych, ale również wszystkie



Wykres nr 1 – Wypadki z ofiarami śmiertelnymi, Wypadki bez ofiar śmiertelnych i Poważne Incydenty w trakcie skoków na spadochronach, RP, lata 2017-2024.



Wykres nr 2 - Liczby ofiar śmiertelnych, poważnych obrażeń ciała i wartości wskaźnika liczby ofiar śmiertelnych oraz z poważnymi obrażeniami ciała na liczbę Wypadków i Poważnych Incydentów w trakcie skoków na spadochronach, RP, lata 2017-2024.



Wykres nr 3 - Liczby ofiar śmiertelnych i poważnych obrażeń ciała i wartości wskaźników liczby ofiar śmiertelnych oraz z poważnymi obrażeniami ciała na 100 000 skoków na spadochronach, RP, lata 2017-2024.

przypadki poważnych obrażeń ciała, do których zalicza się wszystkie złamania - nie tylko te bardzo poważne jak kompresyjne złamania kręgów, ale także dość częste złamania w obrębie stawu skokowego i ogólnie kończyn dolnych. Samych ofiar śmiertelnych nie jest na szczęście zbyt wiele.

Warto podkreślić, że w tandemowych skokach spadochronowych w tym okresie

(2017-2024) doszło do jednego zaledwie wypadku ze skutkiem śmiertelnym, w którym zginął zarówno pasażer jak i tandem-pilot. W kolejnych 17 wypadkach poważne obrażenia ciała odniosło 15 pasażerów i 4 tandem-pilotów. A w jeszcze 3 następnych wypadkach obrażenia były uznane za lekkie (np. skręcenie stawu skokowego). Skoki spadochronowe są uważane za ekstremalną aktywność sportową, ale statystycznie udowodniono, że są mniej

niebezpieczne niż jazda na snowboardzie lub nartach czy wspinaczka.

Podsumowując - skoki spadochronowe nie są niebezpieczne, jeśli są praktykowane zgodnie z przepisami bezpieczeństwa. Dlatego najważniejszą kwestią jest wybranie certyfikowanej i godnej zaufania szkoły lub organizatora skoków spadochronowych. Życie pasażerów w skokach tandemowych jak i początkujących uczniów-skoczków zależy nie tylko od tandem-pilotów czy instruktorów, ale także pilotów statków powietrznych wykorzystywanych do wynoszenia skoczków spadochronowych na odpowiednią wysokość. Warto zatem upewnić się, że mamy do czynienia z certyfikowanymi profesjonalistami.

Powyższy artykuł został opracowany na podstawie materiału doradczego wydanego przez Urząd Lotnictwa Cywilnego pt. „Zasady organizacji skoków spadochronowych”.

Aleksandra Buczyńska, Piotr Michalak
Departament Zarządzania Bezpieczeństwem
w Lotnictwie Cywilnym

**Departament Zarządzania Bezpieczeństwem
w Lotnictwie Cywilnym
Urząd Lotnictwa Cywilnego**

ul. Marcina Flisa 2
02-247 Warszawa

tel.: +22 520 75 22
lb@ulc.gov.pl
lub **lb-2@ulc.gov.pl**



Urząd Lotnictwa Cywilnego