

# Analiza możliwości zwiększenia bezpieczeństwa w lotnictwie ogólnym przez zastosowanie nowych technologii

## Analysis of the possibilities of general aviation safety increasing through the use of new technologies



**Marta Galant**

Dr inż.

Politechnika Poznańska

Marta.galant@put.poznan.pl

**Streszczenie:** W artykule zawarto analizę bieżącego stanu bezpieczeństwa lotniczego w Polsce oraz ocenę możliwości jego poprawy. Zwrócono uwagę, że specyfika lotnictwa ogólnego i zarobkowego praktycznie nie pozwala na ich wspólne traktowanie w zarządzaniu bezpieczeństwem. Omówiono koncepcję SHELL i propozycję jej rozwinięcia celem wykorzystania przy projektowaniu systemów bezpieczeństwa. Pozwoliło to na wskazanie możliwości aplikacyjnych systemów bezpieczeństwa. Kolejno przeanalizowano możliwości oraz ewentualne korzyści płynące z wprowadzania proponowanych technologii w lotnictwie ogólnym. Artykuł podsumowano wnioskami aplikacyjnymi będącymi jednocześnie przyszłymi kierunkami rozwoju zagadnienia zarządzania bezpieczeństwem w lotnictwie ogólnym.

**Słowa kluczowe:** Bezpieczeństwo; Transport lotniczy; Lotnictwo Ogólne

**Abstract:** The paper presents an analysis of the current state of aviation safety in Poland and an assessment of the possibility of its improvement. It has been pointed out that the specificity of general and commercial aviation practically does not allow their joint treatment in security management. The SHELL concept and the proposal to develop it for use in the design of security systems were discussed. This allowed to indicate the security systems application possibilities. Sequentially potential benefits of the proposed implementation of technology in general aviation were analyzed. The article is summarized by application conclusions which are also the future directions of the development of safety management in general aviation.

**Keywords:** Safety; Air transport; General Aviation

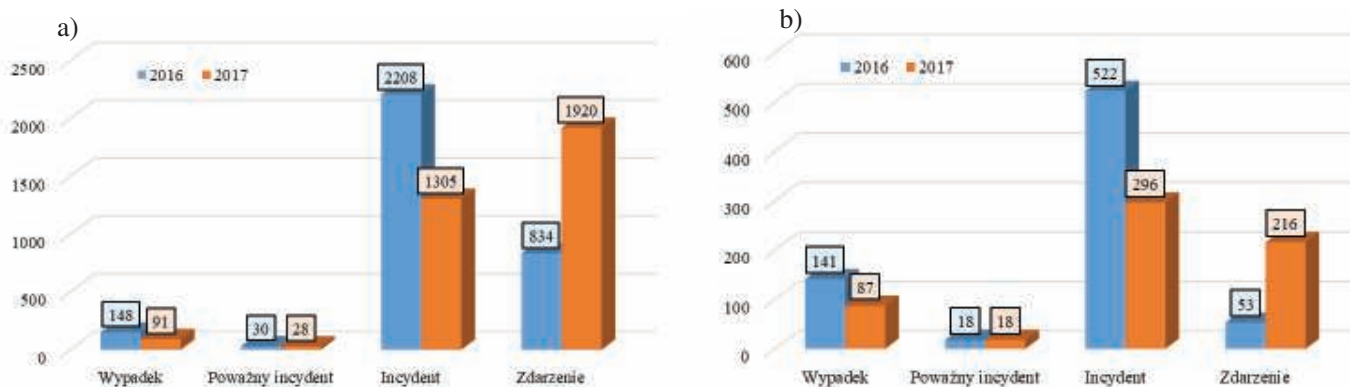
Poczucie bezpieczeństwa jest jedną z podstawowych potrzeb człowieka. Takie jej umiejscowienie w piramidzie potrzeb nie pozostawia wątpliwości co do słuszności ciągłego prowadzenia prac na rzecz jego zwiększania oraz takiego oddziaływania na źródła zagrożeń, aby oszacowane ryzyko było akceptowalne. Transport lotniczy nieustannie jest najszybciej rozwijającą się gałęzią transportu [8, 13, 15]. Ciągłe uważany jest również za najbezpieczniejszy sposób przemieszczania się [11]. Analizując statystyki wypadków lotniczych w przewozach komercyjnych faktycznie dojść można do takich wniosków. Jednak dobre wyniki osiągnane w lotnictwie zarobkowym (ang. Commercial Air Transport, CAT) nie mają odzwierciedlenia w drugiej, równie znaczącej, części lotnictwa jaką jest lotnictwo ogólne

(ang. General Aviation, GA). Corocznie w Polsce wykonywanych jest około 200 000 operacji lotniczych GA oraz około 350 000 operacji związanych z przewozem pasażerów [1]. Dodatkowo, corocznie liczby te zwiększają się o około 10%. Wszystko to wskazuje, że prace omówione w niniejszym opracowaniu są niezbędne, a wykorzystywanie nowych osiągnięć techniki jest konieczne do osiągnięcia założonych celów.

### Stan bezpieczeństwa lotniczego w zależności od rodzaju lotnictwa

Główną instytucją odpowiedzialną za bezpieczeństwo w transporcie lotniczym w Polsce jest Urząd Lotnictwa Cywilnego (ULC). Jest on odpowiedzialny za wdrażanie przepisów regulujących działalność lotniczą w

kraju. W ramach ULC powołano Biuro Zarządzania Bezpieczeństwem w Lotnictwie Cywilnym. Do jego zadań należy nadzorowanie, koordynowanie i prowadzenie spraw dotyczących zarządzania bezpieczeństwem w lotnictwie cywilnym, w tym przede wszystkim tworzenie, aktualizacja i koordynacja Krajowego Programu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym (KPBwLC). ULC nie prowadzi jednak badań zdarzeń lotniczych. Do tego celu, w 2002 roku powołano niezależną i stałą Państwową Komisję Badania Wypadków Lotniczych (PKBWL). Komisja działa przy ministrze właściwym do spraw transportu (od 2011 roku Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa). Komisja corocznie publikuje Statystykę Zdarzeń Lotniczych [10], która jest prezentowana podczas Krajowych Konferencji Bezpieczeństwa



1. Liczba zdarzeń lotniczych (z podziałem na kategorie) w Polsce w latach 2016-2017, gdzie: a) liczba zdarzeń ogółem, b) liczba zdarzeń w sektorze lotnictwa ogólnego; opracowanie własne na podstawie [10]

Lotów organizowanych przez Urząd Lotnictwa Cywilnego. Ustawa Prawo Lotnicze wśród typów zdarzeń lotniczych wyróżnia: wypadki, poważne incydenty i incydenty [16]. Przez wypadek lotniczy rozumie się zdarzenie związane z eksploatacją statku powietrznego, które zaistniało od chwili, gdy jakkolwiek osoba weszła na jego pokład z zamiarem wykonania lotu, do momentu, gdy wszystkie osoby znajdujące się na pokładzie opuściły ten statek powietrzny, i podczas którego: jakkolwiek osoba doznała obrażeń ze skutkiem śmiertelnym lub poważnego obrażenia ciała, statek powietrzny został uszkodzony lub nastąpiło zniszczenie jego konstrukcji lub statek powietrzny zaginął lub znajduje się w miejscu, do którego dostęp jest niemożliwy [16]. Poważnym incydemtem lotniczym jest zdarzenie, którego okoliczności zaistnienia wskazują, że nieomal doszło do wypadku lotniczego [16]. Jako incydent lotniczy uważa się zdarzenie inne niż wypadek lotniczy, związane z eksploatacją statku powietrznego, które ma wpływ lub mogłoby mieć wpływ na jej bezpieczeństwo [16]. W raportach PKBWL zachowana jest niniejsza nomenklatura. W 2017 roku PKBWL zarejestrowała 3 344 zgłoszeń zdarzeń lotniczych, z czego 91 zakwalifikowano jako wypadki, 28 jako poważne incydenty, 1 305 jako incydenty a pozostałe 1 920 jako inne zgłoszenia [10]. Porównując dane z rokiem 2016 liczba wypadków zmniejszyła się o 16%, a liczba poważnych incydentów o prawie 40%.

Liczba incydentów zmniejszyła się o ponad 40%. Z kolei zaobserwowano znaczące zwiększenie udziału innych zgłoszeń – zwiększył się on czterokrotnie! (rys. 1). W sektorze lotnictwa ogólnego w 2017 roku zarejestrowano 616 zgłoszeń [10]. W porównaniu z rokiem 2016, w którym liczba ta wyniosła 734, zanotowano zmniejszenie tej liczby o 16% (rys. 1). Podobnie jak w przypadku ogólnej liczby zdarzeń lotniczych liczba wypadków zmniejszyła się o około 40%. Ponownie liczba incydentów zmniejszyła się prawie o połowę, a liczba innych zdarzeń zwiększyła się czterokrotnie. Porównując liczbę wypadków w sektorze lotnictwa ogólnego do liczby wypadków ogółem można zauważyć, że w 2016 roku ich stosunek corocznie wynosi 95%. Z kolei liczba incydentów i innych zdarzeń prezentuje odwrotną zależność – w 2016 roku zdarzeń i incydentów w GA stanowiła 19%, w 2017 roku – 16%.

Zwiększona liczba zgłoszeń spowodowana jest wdrożeniem i przestrzeganiem obowiązków wynikających z KPBL. Opisano w nim metody zapewniania bezpieczeństwa, rozumiane jako obowiązkowy system zgłaszania zdarzeń lotniczych (dla podmiotów lotniczych) oraz dobrowolny i poufny system zgłaszania informacji mających wpływ na bezpieczeństwo w lotnictwie cywilnym (dla użytkowników przestrzeni powietrznej). Pierwszy z systemów nakłada na podmioty lotnicze obowiązek zgłoszenia do PKBWL zaistniałych zdarzeń polegających na przerwie w działaniu, wadzie,

uszkodzeniu statku powietrznego lub jego elementu albo innych okoliczności, które miały lub mogły mieć wpływ na bezpieczeństwo lotu. Zgłoszenie takiego zdarzenia powinno być dokonane do PKBWL w ciągu 72 godzin od momentu zaistnienia [9]. W celu usprawnienia systemu obowiązkowego zgłaszania wprowadzono zapis w Ustawie Prawo Lotnicze [16], który zakazuje dyskryminowania pracowników, którzy dokonali zgłoszenia (art. 135a ust. 5 ustawy). Dodatkowym zabezpieczeniem jest zapis mówiący o zaniechaniu wszczęcia postępowania karnego wobec naruszeń prawa popełnionych nieumyślnie (z wyjątkiem przypadków rażącego niedbalstwa). Analiza zgłoszonych zdarzeń pozwala na opracowywanie i aktualizację Krajowego Planu Bezpieczeństwa. Poufny system zgłaszania informacji mających wpływ na bezpieczeństwo w lotnictwie cywilnym prowadzony jest przez Zespół Identyfikowania Zagrożeń w Lotnictwie Cywilnym funkcjonujący przy ULC. Został on powołany w 2008 roku na mocy obwieszczenia Prezesa ULC o wprowadzeniu dobrowolnego i poufnego systemu zgłaszania informacji mających wpływ na bezpieczeństwo lotów w lotnictwie cywilnym (Dziennik Urzędowy ULC nr 14 z 2008 r.). Podstawowym założeniem funkcjonowania Zespołu jest to, że za jego pośrednictwem mają być zbierane informacje pochodzące od środowiska lotniczego, które pozwolą na wskazanie potencjalnych obszarów zagrożeń dla bezpieczeństwa działań

ności lotniczej.

Należy jednak zwrócić uwagę na różnicę pomiędzy liczbą zgłoszeń pomiędzy sektorem lotnictwa ogólnego a komercyjnego. W tym pierwszym na jeden wypadek lotniczy przypada 7 zgłoszeń. W lotnictwie komercyjnym stosunek ten wynosi 682:1 (na 4 wypadki lotnicze przypadło aż 2728 zgłoszeń). Świadczy to o skuteczności działania wprowadzonego systemu zarządzania bezpieczeństwem w organizacjach lotniczych (SMS). Lotnictwo komercyjne cechuje się większą świadomością bezpieczeństwa. Wprowadzone programy przynoszą wymierne efekty dzięki promocji bezpieczeństwa, szkoleniom oraz prowadzeniu działań zmierzających do podnoszenia poziomu bezpieczeństwa. W lotnictwie ogólnym występuje zdecydowanie większe rozproszenie użytkowników. Wielu pilotów nie jest stowarzyszonych w aeroklubach i operacje lotnicze wykonuje wyłącznie rekreacyjnie. Oznacza to, że nie są prawnym podmiotem lotniczym i nie mają obowiązku opracowania, wdrożenia i przestrzegania zasad SMS.

Poza mniejszą świadomością bezpieczeństwa bardzo istotnym jest zwrócenie uwagi na zmieniający się stosunek poszczególnych zdarzeń w polskim lotnictwie. Na rysunku 2 przedstawiono zmianę liczby poszczególnych zdarzeń w ciągu ostatnich 5 lat. Korzystnym zjawiskiem jest zmniejszenie liczby ofiar śmiertelnych. Niepokojącym jest jednak zdecydowane zmniejszenie liczby incydentów

na rzecz pozostałych zdarzeń. Niejasna procedura kwalifikacji zdarzeń przez PKBWL pozostawia niepewność co do obecnego stanu. Określanie zdarzeń jako „inne, nie mające wpływu na bezpieczeństwo” może spowodować pewnego rodzaju uśpienie czujności i ograniczenie skupienia na niwelowaniu źródeł zagrożeń. Takie działania mogą mieć znaczne negatywne konsekwencje w przyszłości.

### Możliwości wpływania na bezpieczeństwo w lotnictwie ogólnym

Podręcznik SMM rekomenduje przeprowadzanie identyfikacji zagrożeń na podstawie modelu SHELL (czasem określanego SHELL(L)) [7]. Model SHELL jest narzędziem koncepcyjnym wykorzystywanym do analizowania wzajemnego oddziaływania różnorodnych komponentów systemu. Nazwa SHELL(L) pochodzi od pierwszych liter części składowych, które to oznaczają [12]:

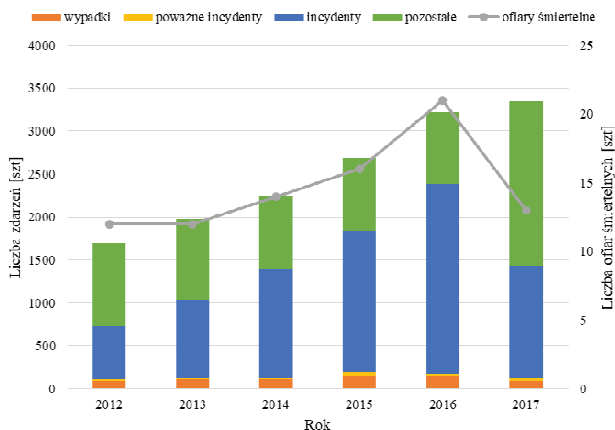
- oprogramowanie (ang. Software, S) – dotyczy procedur, szkolenia, itp.,
- sprzęt (ang. Hardware, H) – dotyczy maszyny i wyposażenia,
- środowisko (ang. Environment, E) – dotyczy kontekstu operacyjnego w którym funkcjonuje system L-H-S,
- czynnik ludzki (ang. Liveware, L) – dotyczy ludzi w miejscu pracy.

Schemat ideowy modelu systemu SHELL przedstawiony jest na rysun-

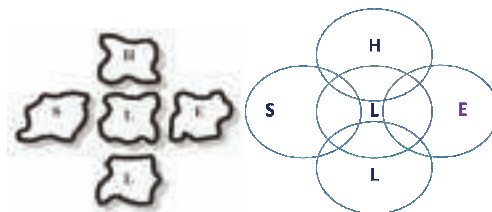
ku 3. Model ten kładzie nacisk na indywidualne i ludzkie punkty styku z innymi składnikami i cechami systemu. Wizualne przedstawienie modelu jako pasujących do siebie elementów może symbolizować, że pełną sprawność system uzyskuje przy odpowiednim połączeniu komponentów – kolejno S-L, L-H, L-E i L-L. Należy jednak zwrócić uwagę na kompleksowość i komplementarność systemów transportu lotniczego. Poza stykiem poszczególnych elementów (S, H, E, L) z centralnym czynnikiem ludzkim L (pilotem) należy oddziaływać również na połączenia bezpośrednie pomiędzy nimi (np. S-H) a także na układy trójstronne (S-L-H). Dopiero takie podejście do konstruowania systemów bezpieczeństwa pozwoli na wprowadzenie rozwiązań, które mogą pozytywnie wpłynąć na ograniczanie ryzyka zagrożeń w lotnictwie ogólnym.

Przykładowo:

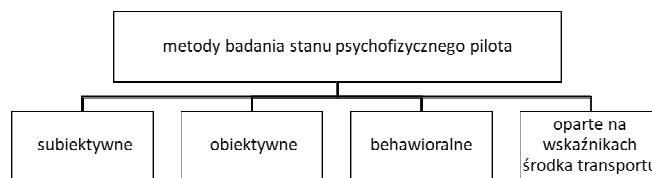
- pomiędzy czynnikami S i H można wyznaczyć obszar S-H oraz złożenie S-L-H. W pierwszym z nich istotnym jest odpowiednie połączenie przepisów z eksploatowanym sprzętem. Istnieje szereg regulacji dotyczących certyfikacji, przeglądów i eksploatacji środków transportu lotniczego jednak działając zgodnie z przyjętą zasadą istotne jest połączenie czynników S, H i L – czyli takie opracowanie procedur aby były one przejrzyste a zarazem skuteczne.
- proaktywnego podejścia do zarządzania bezpieczeństwem



2. Liczba zdarzeń lotniczych w polskim lotnictwie w ostatnich 5 latach; opracowanie własne na podstawie [10]



3. Schemat ideowy modelu SHELL [2, 6] oraz propozycja rozszerzenia modelu o dodatkowe obszary oddziaływania



4. Podział metod badania stanu psychofizycznego pilota [4]

- czynnik H znajduje się w okolicy czynnika E – powoduje to określenie obszarów H-L (współpraca człowieka ze statkiem powietrznym), E-L (oddziaływanie środowiska na człowieka – temperatura, oświetlenie, hałas, widoczność, turbulencje, ukształtowanie terenu) ale też nowego obszaru E-L-H w którym należy tak połączyć system człowiek-technika-środowisko aby możliwie było ograniczanie ryzyka zagrożeń. Przykładem takiego działania może być system wspomagający pilota w sytuacji pogorszenia warunków zewnętrznych.
- kolejnym przykładem jest obszar L-L-E czyli współdziałanie pilota, otaczających go ludzi i środowiska. Kluczowym działaniem pozwalającym na ograniczenie ryzyka w tym obszarze może być rozszerzenie szkoleń z zakresu CRM (współpraca w załodze, ang. Crew Resources Management) ale także system monitorujący stan psychofizyczny pilota, który jest przedmiotem dalszych analiz w pracy.

W każdym z obszarów zdefiniować można szereg źródeł zagrożeń, które kolejno mogą aktywować zagrożenia prowadzące do występowania zdarzeń niepożądanych. Kluczem do ograniczania ryzyka zagrożeń jest więc oddziaływanie na źródła zagrożeń zanim jeszcze nastąpi aktywizacja zagrożenia. Podejście takie jest zgodne z obowiązującą obecnie tendencją do wykorzystywania proaktywnych metod zarządzania bezpieczeństwem (w zamian metod reaktywnych stosowanych w przeszłości).

## Monitorowanie stanu pilota jako narzędzie do zwiększenia bezpieczeństwa w lotnictwie

Jak wspomniano w poprzednim rozdziale należy szukać rozwiązań łączących różne elementy obszaru analiz jakim jest przewóz lotniczy. Liczba zadań, jakie wykonuje operator powoduje zwiększenie obciążenia po-

znanczego, które wykorzystuje jego zasoby potrzebne do właściwego wykonania zadania, tzw. zasoby poznawcze. Pojęcie obciążenia poznawczego odnosi się do stopnia zaangażowania zasobów poznawczych w bieżącą aktywność podmiotu [4]. Jedną z możliwych, a zarazem skutecznych metod pozwalającą ograniczyć ryzyko zagrożeń, w których jednym ze źródeł zagrożeń jest nadmierne obciążenie systemu poznawczego operatora jest bieżące jego monitorowanie.

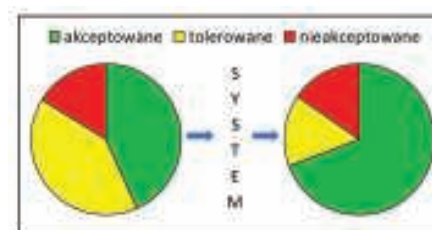
Badania obciążenia poznawczego ze względu na charakter można podzielić na cztery grupy (rysunek 4): subiektywne, obiektywne, behawioralne oraz oparte na wskaźnikach środka transportu [4, 14]. Pierwsze z nich opierają się na subiektywnej ocenie obciążenia przez badanego i są realizowane w postaci testów lub kwestionariuszy. W celach badawczych zdecydowanie częściej stosowane są metody obiektywne. Są one związane z pomiarem parametrów fizjologicznych niezależnie od operatora (np. bioelektryczna aktywność mózgu lub utlenowanie krwi). Metody behawioralne oznaczają wykrywanie symptomów obciążenia takich jak ziewanie, zamykanie oczu, zbyt długie sakady (intensywne ruchy gałki ocznej, polegające na bardzo szybkim przemieszczaniu punktu koncentracji wzroku z jednego miejsca w inne) czy fiksacje (relatywnie stała pozycja gałki ocznej, w trakcie której następuje skupienie uwagi). Z kolei określenie niesprawności operatora oparte na wskaźnikach pojazdu to na przykład monitorowanie ruchów kierownicy, sterów, zachowanie odpowiednich parametrów (położenie w pasie drogi, zadana wysokość lotu).

## Implementacja systemu bezpieczeństwa – wnioski aplikacyjne

Aby określić poziom ryzyka zagrożeń należy przeprowadzić procedurę zgodną z algorytmem zarządzania ryzykiem. Należy więc początkowo rozpoznać i określić obszar analiz, kolejno rozpoznać źródła zagrożeń a na

ich podstawie sformułować zagrożenia. Przypisanie im odpowiednich wielkości pozwala na szacowanie ryzyka co kończy etap jego analizy. Kolejnym krokiem jest ocena ryzyka polegająca na jego wartościowaniu i kategoryzowaniu (ryzyko akceptowane, tolerowane, nieakceptowane). Po wartościowaniu ryzyka następuje postępowanie wobec ryzyka. Oznacza to zajęcie aktywnej postawy wobec zagrożeń zidentyfikowanych w obszarze analiz systemu transportu i generowanego przez nie ryzyka. Dotyczy to zagrożeń o kategorii tolerowane i nieakceptowane. W przypadku zagrożeń akceptowanych reagowanie ogranicza się do monitorowania ryzyka.

W celu oceny wpływu wykorzystania technologii na bezpieczeństwo w lotnictwie ogólnym zdefiniowano obszar analiz jako: lot samolotu lotnictwa ogólnego w przestrzeni niekontrolowanej zgodnie z przepisami dla lotów z widocznością. W analizowanym obszarze zidentyfikowano 37 zagrożeń, z których aż 15 skategoryzowano jako tolerowane, a 6 jako nieakceptowane [4]. W pracy [4] zaproponowano zatem projekt systemu, którego wytworzenie, wdrożenie i używanie może skutkować obniżeniem poziomu ryzyka. Zakładając, że stan psychofizyczny pilota, przez co rozumie się pośrednio jego sprawność psychofizyczną, może być monitorowany, a skutki jego obniżenia niwelowane przez działanie systemu wspomagającego jego pracę, możliwe było zmniejszenie wartości niektórych parametrów (dla zagrożeń, w których jako źródło rozpoznano złą kondycję psychofizyczną pilota). Na podstawie analizy ryzyka zauważono, że aż w 80% zdefiniowanych zagrożeń zła kondycja pilota jest jednym ze źró-



5. Porównanie wyników oceny ryzyka zagrożeń przed i po zastosowaniu analizowanego systemu [4]

deł zagrożeń.

Celem weryfikacji implementacji systemu postanowiono zatem jeszcze raz przypisać wartości parametrów, z założeniem poprawnej pracy systemu. Uznano, że niemożliwym jest oddziaływanie na poziom wielkości strat będących skutkiem atywizacji zagrożenia. Postanowiono przeanalizować zatem możliwość obniżenia poziomu prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia.

Zastosowanie wspomnianego założenia pozwoliło na obniżenie poziomu prawdopodobieństwa aktywizacji zagrożenia dla czternastu zagrożeń. Łącznie udało się obniżyć kategorię ryzyka dla dziewięciu zagrożeń (rysunek 5). Po zaimplementowaniu systemu ograniczono ryzyko zagrożeń. Ponowna jego ocena wskazała, że 27 zagrożeń należy do kategorii akceptowane, 6 sklasyfikowano jako tolerowane oraz 6 jako nieakceptowane.

Analizy wykazały, że zaimplementowanie zaprezentowanego w pracy [4] systemu monitorowania stanu psychofizycznego pilota i wspomagającego jego pracę w sytuacji niedoboru zasobów poznawczych może przyczynić się do ograniczenia ryzyka w 14 z 37 (ok. 40%) sformułowanych wcześniej zagrożeń.

## Podsumowanie

Lotnictwo ogólne (GA) cieszy się coraz większą popularnością. Cechuje się ono bardzo dużą różnorodnością formy – od lotów biznesowych, przez widokowe, aż do rekreacyjnych. Dlatego identyfikacja źródeł zagrożeń powinna być przeprowadzana w wąskich obszarach analiz, z uwzględnieniem różnej specyfiki wykonywanych czynności.

Analiza w niniejszej pracy dotyczy elementu systemu zarządzania bezpieczeństwem, w postaci zagadnienia postępowania wobec ryzyka zagrożeń dla przyjętego obszaru analiz, jakim jest lot samolotu lotnictwa ogólnego w przestrzeni niekontrolowanej wykonywany zgodnie z przepisami dla lotów z widocznością. Wyrazem tego

postępowania jest m.in. powoływanie i badanie odpowiednich systemów bezpieczeństwa, umożliwiających redukcję ryzyka zagrożeń w wymagających tego obszarach. Jako przykład takiego systemu zaproponowano system monitorowania stanu psychofizycznego pilota i wspomagania jego działań w sytuacji niedoboru zasobów poznawczych w czasie rzeczywistym. Oszacowano zatem skutki wprowadzenia takiego systemu i wykazano, że możliwe jest dzięki niemu ograniczenie ryzyka zagrożeń.

Przedstawione rozważania potwierdzają postawioną tezę dotyczącą istnienia różnic w specyfice GA i CAT, niepozwalających na ich wspólne traktowanie w zarządzaniu bezpieczeństwem. Przyszłe systemy i metody powinny być zatem dedykowane dla rodzaju lotnictwa. Dodatkowo, zgodnie z propozycją rozszerzenia modelu SHELL powinny być opracowywane w przynajmniej trzech obszarach jednocześnie. ◀

## Materiały źródłowe

- [1] Analiza przewozów pasażerskich w polskich portach lotniczych w 2017 roku., Wyd. Urząd Lotnictwa Cywilnego, Wydział Statystyk i analiz, Warszawa, 2018.
- [2] Cieślak E. Bezpieczeństwo w lotnictwie. Bezpieczeństwo i niezawodność w lotnictwie, Toruń, 2009.
- [3] Fellner A., Osowski M. Uwzględnienie czynnika ludzkiego w analizie bezpieczeństwa procesu zarządzania zasobami ludzkimi. Problemy kryminalistyki, 2015, 290(4), 35-45.
- [4] Galant M. Ograniczanie ryzyka zagrożeń w lotnictwie ogólnym przez zastosowanie systemu monitorującego stan psychofizyczny pilota, Rozprawa Doktorska, Politechnika Poznańska, Poznań 2017.
- [5] Galant M., Merkisz J. Analysis of the possibilities of using EEG in assessing pilots' psychophysical condition. Scientific Journal of Silesian University of Technology.

Series Transport, vol. 95, pp. 39-46, 2017.

- [6] Grochowski M. Wnioski z badań zdarzeń lotniczych prowadzonych przez Komisję Badania Wypadków Lotniczych Lotnictwa Państwowego. Bezpieczeństwo i niezawodność w lotnictwie, Toruń, 2009.
- [7] International Civil Aviation Organization, Safety Management Manual, Doc. 9859 ICAO, Wyd. Urząd Lotnictwa Cywilnego, Warszawa, 2013.
- [8] Klich E. Bezpieczeństwo lotów. Instytut Technologii Eksploatacji, Radom, 2011.
- [9] Krajowy Program Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym. Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa. Wyd. Urząd Lotnictwa Cywilnego, Warszawa, 2016.
- [10] Lewandowski P. A. Statystyka Zdarzeń Lotniczych 2016/2017. Państwowa Komisja Badania Wypadków Lotniczych, Warszawa, 2018.
- [11] Łuczak K. (red.). Zarządzanie bezpieczeństwem w lotnictwie cywilnym. Uniwersytet Śląski w Katowicach, Katowice, 2016.
- [12] Makarowski R., Smolicz T. Czynniki ludzkie w wypadkach lotniczych. Wyd. Adriana Aviation sp. z o.o., Kosowizna, 2012.
- [13] Merkisz J., Pielecha J., Markowski J., Galant M., Jasiński R., Gallas D. The analysis of air transport in Poland. International Conference on Air Transport INAIR 2015, Amsterdam, Holland, 2015.
- [14] Razin P., Kruszewski M., Niezgoda M., Kamiński T. Wybrane metody detekcji stanów zmęczenia u osób kierujących pojazdami. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 114, 2016.
- [15] UrbanyiPopiołek I. (red.). Ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu. Praca zbiorowa. Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2013.
- [16] Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. (Dz.U. 2002 Nr 130 poz. 1112), Prawo Lotnicze. Warszawa, Kancelaria Sejmu, 2002.