

przegląd komunikacyjny

9
2018
rocznik LXXIII
cena 25,00 zł
w tym 5% VAT



UKAZUJE SIĘ OD 1945 ROKU



Bezpieczeństwo i niezawodność w lotnictwie



2018 rokiem
Ernesta Malinowskiego

eISSN
2544-6037

ISSN
0033-22-32

Inteligentny system nadzoru i bezpieczeństwa przestrzeni powietrznej w czasie bieżącym. Podnoszenie poziomu bezpieczeństwa wykonywania naziemnych operacji lotniskowych poprzez wdrożenie autonomicznego systemu nadzoru i bezpieczeństwa. Zastosowanie geokrat do zapewnienia nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych. Wybrane problemy materiałowych badań łożysk tocznych przystosowanych do pracy w podwyższonych temperaturach. Wybrane problemy materiałowych badań uszkodzeń tarcz sprężarkowych wykonanych ze stopu tytanu. Układ sieciowy terminali warunkiem dalszego rozwoju przewozów intermodalnych

Podstawowe informacje dla Autorów artykułów

„Przegląd Komunikacyjny” publikuje artykuły związane z szeroko rozumianym transportem oraz infrastrukturą transportu. Obejmuje to zagadnienia techniczne, ekonomiczne i prawne. Akceptowane są także materiały związane z geografią, historią i socjologią transportu.

Artykuły publikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” dzieli się na: „wnoszące wkład naukowy w dziedzinę transportu i infrastruktury transportu” oraz „pozostałe”. Prosimy Autorów o deklarację (w zgłoszeniu), do której grupy zaliczyć ich prace.

Materiały do publikacji: zgłoszenie, artykuł oraz oświadczenie Autora, należy przysyłać w formie elektronicznej na adres redakcji:

artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

W zgłoszeniu należy podać: imię i nazwisko autora, adres mailowy oraz adres do tradycyjnej korespondencji, miejsce zatrudnienia, zdjęcie, tytuł artykułu oraz streszczenie (po polsku i po angielsku) i słowa kluczowe (po polsku i po angielsku). Szczegóły przygotowania materiałów oraz wzory załączników dostępne są na stronie:

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

W celu usprawnienia i przyspieszenia procesu publikacji prosimy o zastosowanie się do poniższych wymagań dotyczących nadsyłanego materiału:

1. Tekst artykułu powinien być napisany w jednym z ogólnodostępnych programów (np. Microsoft Word). Wzory i opisy wzorów powinny być wkomponowane w tekst. Tabele należy zestawić po zakończeniu tekstu. Ilustracje (rysunki, fotografie, wykresy) najlepiej dołączyć jako oddzielne pliki. Można je także wstawić do pliku z tekstem po zakończeniu tekstu. Możliwe jest oznaczenie miejsc w tekście, w których autor sugeruje wstawienie stosownej ilustracji lub tabeli. Obowiązuje odrębna numeracja ilustracji (bez rozróżniania na rysunki, fotografie itp.) oraz tabel.
2. Całość materiału nie powinna przekraczać 12 stron w formacie Word (zalecane jest 8 stron). Do limitu stron wlicza się ilustracje załączane w odrębnych plikach (przy założeniu że 1 ilustracja = ½ strony).
3. Format tekstu powinien być jak najprostszy (nie stosować zróżnicowanych stylów, wcięć, podwójnych i wielokrotnych spacji itp.). Dopuszczalne jest pogrubienie, podkreślenie i oznaczenie kursywą istotnych części tekstu, a także indeksy górne i dolne. **Nie stosować przypisów.**
4. Nawiązania do pozycji zewnętrznych - cytaty (dotyczy również podpisów ilustracji i tabel) oznacza się numeracją w nawiasach kwadratowych [...]. Numerację należy zestawić na końcu artykułu (jako „Materiały źródłowe”). Zestawienie powinno być ułożone alfabetycznie.
5. Jeżeli Autor wykorzystuje materiały objęte nie swoim prawem autorskim, powinien uzyskać pisemną zgodę właściciela tych praw do publikacji (niezależnie od podania źródła). Kopie takiej zgody należy przesłać Redakcji.

Artykuły wnoszące wkład naukowy podlegają procedurom recenzji merytorycznych zgodnie z wytycznymi MNiSW, co pozwala zaliczyć je, po opublikowaniu, do dorobku naukowego (z punktacją przyznawaną w toku oceny czasopism naukowych – aktualnie jest to **8 punktów**).

Do oceny każdej publikacji powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów spoza jednostki. Zasady kwalifikowania lub odrzucenia publikacji i ewentualny formularz recenzentki są podane do publicznej wiadomości na stronie internetowej czasopisma lub w każdym numerze czasopisma. Nazwiska recenzentów poszczególnych publikacji/numerów nie są ujawniane; raz w roku (w ostatnim numerze oraz na stronie internetowej) czasopismo podaje do publicznej wiadomości listę recenzentów współpracujących.

Przygotowany materiał powinien obrazować własny wkład badawczy autora. Redakcja wdrożyła procedurę zapobiegania zjawisku Ghostwriting (z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji). Tekst i ilustracje muszą być oryginalne i niepublikowane w innych miejscach (w tym w internecie). Możliwe jest zamieszczanie artykułów, które ukazały się w materiałach konferencyjnych i podobnych (na prawach rękopisu) z zaznaczeniem tego faktu i po przystosowaniu do wymogów publikacyjnych „Przeglądu Komunikacyjnego”.

Korespondencję inną niż artykuły do recenzji prosimy kierować na adres: **listy@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl**

Redakcja pisma oferuje objęcie patronatem medialnym konferencji, debat, seminariów itp. Szczegóły na: <http://przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl/patron.html>
Ceny są negocjowane indywidualnie w zależności od zakresu zlecenia. Możliwe są atrakcyjne upusty. Patronat obejmuje:

- ogłaszanie przedmiotowych inicjatyw na łamach pisma,
- zamieszczanie wybranych referatów / wystąpień po dostosowaniu ich do wymogów redakcyjnych,
- publikację informacji końcowych (podsumowania, apele, wnioski),
- kolportaż powyższych informacji do wskazanych adresatów.

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Ramowa oferta dla „Sponsora strategicznego” czasopisma Przegląd Komunikacyjny

Sponsor strategiczny zawiera umowę z wydawcą czasopisma na okres roku kalendarzowego z możliwością przedłużenia na kolejne lata. Uprawnienia wydawcy do zawierania umów posiada SITK O. Wrocław.

Przegląd Komunikacyjny oferuje dla sponsora strategicznego następujące świadczenia:

- zamieszczenie logo sponsora w każdym numerze,
- zamieszczenie reklamy sponsora w jednym, kilku lub we wszystkich numerach,
- publikacja jednego lub kilku artykułów sponsorowanych,
- publikacja innych materiałów dotyczących sponsora,
- zniżki przy zamówieniu prenumeraty czasopisma.

Możliwe jest także zamieszczenie materiałów od sponsora na stronie internetowej czasopisma.

Przegląd Komunikacyjny ukazuje się jako miesięcznik.

Szczegółowy zakres świadczeń oraz detale techniczne (formaty, sposób i terminy przekazania) są uzgadniane indywidualnie z Pełnomocnikiem ZO Wrocław SITK.

Prosimy o kontakt z: dr hab. inż. Maciej Kruszyna na adres mailowy: **redakcja@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl**

Cena za świadczenia na rzecz sponsora uzależniana jest od uzgodnionych szczegółów współpracy. Zapłata może być dokonana jednorazowo lub w kilku ratach (na przykład kwartalnych). Część zapłaty może być w formie zamówienia określonej liczby prenumerat czasopisma.





Na okładce: . Boeing 747, fot. Adrian Łach

Szanowni P.T. Czytelnicy

Przekazujemy kolejny numer Przeglądu Komunikacyjnego. Jest on poświęcony problemom bezpieczeństwa i niezawodności w lotnictwie w odniesieniu zarówno do statków powietrznych jak i infrastruktury lotniskowej. W pierwszym artykule Autorzy opisują wykorzystanie inteligentnego systemu w procesie szkolenia pilotów oraz wykonywania akrobacji lotniczych. Kolejny artykuł tych samych Autorów omawia system nadzoru przestrzeni nadziemnej portu lotniczego. System umożliwia kompleksową kontrolę oraz zarządzanie ruchem na powierzchni całego portu lotniczego. Kolejny artykuł dotyczy bezpieczeństwa infrastruktury lotniskowej tj. wzmacniania naturalnych nawierzchni lotniskowych systemem geokrat. Autorzy przedstawili kontrolne badania nośności nawierzchni wzmocnionych geosyntetykami komórkowymi. Kolejny artykuł dotyczy badań makroskopowych makrotekstury, twardości oraz składu chemicznego łożysk tocznych turbinowych silników samolotowych. W następnym artykule omówiono przypadki i charakter uszkodzeń tarcz sprężarkowych ze stopu tytanu. Omówiono metody badawcze, które pozwalają ocenić przyczynę uszkodzeń. Ostatni artykuł dotyczy układu sieci terminali intermodalnych w Polsce. Autorzy stwierdzają, że w Polsce układ ten jest chaotyczny i nie spełnia wymogów UE. Ponadto w numerze przegląd prasy technicznej oraz informacje z działalności SITK RP.

Życzę naszym czytelnikom dobrej lektury.

W numerze

Inteligentny system nadzoru i bezpieczeństwa przestrzeni powietrznej w czasie bieżącym Anita Linka, Agnieszka Wróblewska	2
Podnoszenie poziomu bezpieczeństwa wykonywania naziemnych operacji lotniskowych poprzez wdrożenie autonomicznego systemu nadzoru i bezpieczeństwa Anita Linka, Agnieszka Wróblewska	6
Zastosowanie geokrat do zapewnienia nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych Mariusz Wesołowski, Danuta Kowalska, Agata Kowalewska, Aleksandra Rumak	11
Wybrane problemy materiałowych badań łożysk tocznych przystosowanych do pracy w podwyższonych temperaturach Krzysztof Łęczycki	17
Wybrane problemy materiałowych badań uszkodzeń tarcz sprężarkowych wykonanych ze stopu tytanu Anna Krupińska	23
Układ sieciowy terminali warunkiem dalszego rozwoju przewozów intermodalnych Janusz Dyduch, Henryk Zielaskiewicz	28
Informacje SITK - Targi intermodalne	32

Redaktor Naczelny
Prof. Antoni Szydło

Wydawca:

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników
Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej
00-043 Warszawa, ul. Czackiego 3/5
www.sitk-rp.org.pl

Redaktor Naczelny:

Antoni Szydło

Redakcja:

Krzysztof Gasz, Igor Gisterek, Bartłomiej Krawczyk,
Maciej Kruszyna (Z-ca Redaktora Naczelnego),
Agnieszka Kuniczuk - Trzcinowicz (Redaktor językowy),
Piotr Mackiewicz (Sekretarz), Wojciech Puła (Redaktor
statystyczny), Wiesław Spuziak, Robert Wardęga,
Czesław Wolek

Adres redakcji do korespondencji:

Pocztą elektroniczną:
redakcja@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Pocztą „tradycyjną”:

Piotr Mackiewicz, Maciej Kruszyna
Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Faks: 71 320 45 39

Rada naukowa:

Marek Ciesielski (Poznań), Antanas Klibavičius (Wilno), Jozef Komačka (Žilina), Elżbieta Marciszewska (Warszawa), Bohuslav Novotny (Praga), Andrzej S. Nowak (Lincoln, Nebraska), Tomasz Nowakowski (Wrocław), Victor V. Rybkin (Dniepropietrowsk), Marek Sitarz (Katowice), Wiesław Starowicz (Kraków), Hans-Christoph Thiel (Cottbus), Krystyna Wojewódzka-Król (Gdańsk), Elżbieta Załoga (Szczecin), Andrea Zuzulova (Bratysława)

Rada programowa:

Mirosław Antonowicz, Dominik Borowski, Leszek Krawczyk, Marek Krużyński, Leszek W. Mindur, Andrzej Żurkowski

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma

Główną wersją czasopisma jest wersja elektroniczna. Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów oraz streszczenia w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016).

Czasopismo jest umieszczone na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (8 pkt. za artykuł recenzowany).

Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania zmian w materiałach nie podlegających recenzji.

Artykuły opublikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” są dostępne w bazach danych 20 bibliotek technicznych oraz są indeksowane w bazach:
BAZTECH: <http://baztech.icm.edu.pl>
Index Copernicus: <http://indexcopernicus.com>

Prenumerata:

Szczegóły i formularz zamówienia na stronie:

www.przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Obecna Redakcja dysponuje numerami archiwalnymi począwszy od 4/2010.

Numery archiwalne z lat 2004-2009 można zamawiać w Oddziale krakowskim SITK,
ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków,
tel./faks 12 658 93 74, mrowinska@sitk.org.pl

Druk:

HARDY Design, 52-131 Wrocław, ul. Buforowa 34a
Przemysław Wolczuk, przemo@dodo.pl

Reklama:

Dział Marketingu: sitk.baza@gmail.com

Nakład: 800 egz.

Inteligentny system nadzoru i bezpieczeństwa przestrzeni powietrznej w czasie bieżącym

Intelligent system of airspace surveillance and security in the real time



Anita Linka

Mgr inż.

Politechnika Poznańska, Wydział
Maszyn Roboczych i Transportu,
Katedra Techniki Ciepłej

Anita.d.linka@doctorate.put.poznan.pl



Agnieszka Wróblewska

Dr hab. inż.

Politechnika Poznańska, Wydział
Maszyn Roboczych i Transportu,
Katedra Techniki Ciepłej

Agnieszka.wroblewska@put.poznan.pl

Streszczenie: Nowe technologie coraz częściej wykorzystywane są do zwiększania poziomu bezpieczeństwa zarówno człowieka, jak i wielu procesów z różnych obszarów przemysłu czy transportu. Nowoczesne i inteligentne systemy nie tylko wspomagają pracę jednocześnie ją optymalizując, ale również minimalizują ryzyko wystąpienia sytuacji niebezpiecznych dla życia człowieka. To właśnie człowiek jest nadal uważany za najsłabsze ogniwo większości procesów, i to właśnie czynnik ludzki jest powodem wielu wypadków oraz katastrof. W związku z tym należy kontrolować jego działania na każdym etapie realizowanego zadania. W niniejszej publikacji opisano wykorzystanie inteligentnej technologii w procesie szkolenia pilotów oraz wykonywania akrobacji lotniczej.

Słowa kluczowe: Bezpieczeństwo w lotnictwie; Akrobacja lotnicza; Systemy bezpieczeństwa i nadzoru

Abstract: New technologies are more and more often used to increase the level of securing humans work as well as many processes from various areas of industry or transport. Intelligent systems not only support work while optimizing it, but also minimize the risk of dangerous situations for human life. It is the man who is still considered the weakest link in most processes, and it is the human factor that causes many accidents and disasters. Therefore, its activities should be controlled at every stage of the task being performed. This publication describes the use of intelligent technology in the process of training pilots and performing aerobatics.

Keywords: Safety of aviation; Aerobatics; Security and surveillance systems

Zarówno akrobacja samolotowa jak i szybowcowa są dyscyplinami sportu, które wymagają od pilotów oraz od sędziów dużej precyzji oraz doświadczenia. Nieustannie poszukiwane są nowe metody oraz systemy, które umożliwią wspomaganie procesów związanych z prawidłową oceną wykonywania takich lotów. Pokazy oraz loty w ramach zawodów odbywają się w ściśle określonej, trójwymiarowej strefie, która wyznacza granice dla pilotów. O ile w trakcie zawodów są one kwestią poprawności przelotu oraz uzyskania odpowiedniej ilości punktów, o tyle w ramach pokazów takie granice wyznaczane są głównie w celach bezpieczeństwa zgromadzonej publiczności. Przykładowa strefa przedstawiona została na rysunku 1.

W przypadku zawodów akrobacyjnych każde przekroczenie strefy wiąże się z uzyskaniem punktów karnych. W przypadku pokazów natomiast,

w szczególnych przypadkach pilot przekraczając ustalone granice może nawet stracić swoją licencję. Pomimo znajomości konsekwencji zdarza się jednak wiele przypadków (zwłaszcza w ramach pokazów) łamania przez uczestników zasad. Taka brawura może zakończyć się nieszczęśliwym wypadkiem. Przykładem takiej kata-

strofy może być najtragiczniejsze w skutkach zdarzenie, które miało miejsce 27 lipca 2002 w czasie pokazów lotniczych na lotnisku Skniłów (Lwów). W konsekwencji zbyt niskiego lotu myśliwiec Su-27 runął na tłum ludzi. Za główne przyczyny katastrofy podaje się awarię silników oraz brawurę pilota, który źle oceniając wysokość nad



1. Wyznaczona dozwolona strefa wykonywania akrobacji w ramach pokazów lotniczych [1]



2. Transmisja widoku aplikacji FlyMonitor dla publiczności w ramach The World Games 2017



3. Ekran główny, trójwymiarowy aplikacji FlyMonitor ASSD+PL

ziemią zahaczył skrzydłem o inną maszynę. W wyniku przeprowadzonego śledztwa uznano, że winę za katastrofę ponosi załoga, która zignorowała informacje przekazywane przez komputer pokładowy, a tym samym złamała zasady bezpieczeństwa. W momencie uderzenia obaj piloci będący na pokładzie zdołali się katapultować, jednak spadająca maszyna zabiła 77 osób, a kolejnych 543 zostało rannych. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na tak olbrzymie straty w ludziach było złe zorganizowanie przestrzeni dla widzów naziemnych. Strefa dla publiczności nie była wystarczająco oddalona od ścisłej strefy pokazów, przez co tak wielu widzów znajdowało się w miejscu uderzenia samolotu o ziemię [2] [3][4]. W ramach pokazów lotniczych doszło do jeszcze kilku tragicznych w skutkach wypadków, gdzie za główną przyczynę podaje się czynnik ludzki. Jak dotąd jednak, nie zdecydowano się na wprowadzenie dodatkowych form zabezpieczenia lotów oraz stref pokazu poprzez wykorzystanie nowych technik nadzoru. Jednym z takich systemów jest AeroSafetyShow

Demonstrator+PL (ASSD+PL), który opracowany został przez grupę naukowców i pilotów właśnie w celu zwiększania poziomu bezpieczeństwa lotów, pilotów oraz publiczności naziemnej.

System AeroSafetyShow Demonstrator+PL

System, który opracowany został w ramach projektu dofinansowanego ze środków Unii Europejskiej, od 2014 roku wykorzystywany jest do wspomagania imprez masowych rangi krajowej oraz międzynarodowej. ASSD+PL wzbudził wielkie zainteresowanie zarówno wśród pilotów oraz sędziów, ale także pośród przedstawicieli najwyższych władz lotniczych oraz komisji akrobacji lotniczej. Unikatowe w skali światowej funkcjonalności systemu umożliwiają jego wszechstronne wykorzystanie w trakcie szkolenia, pokazów oraz zawodów akrobacyjnych. Dotychczas system został wykorzystany na wielu wydarzeniach, w tym między innymi:

- 2014

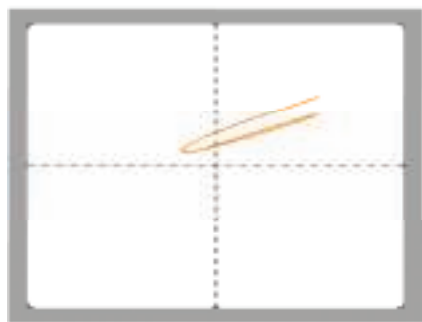
- Mistrzostwa Świata w Akrobacji Szybowcowej, Polska
- Mistrzostwa Polski w Akrobacji Samolotowej, Polska
- 2015
- IV Zielona Góra CUP, Polska
- Mistrzostwa Polski w Akrobacji Szybowcowej, Polska
- Mistrzostwa Europy w Akrobacji Samolotowej, Rumunia
- Mistrzostwa Świata w Akrobacji Szybowcowej, Czechy
- 2016
- Mistrzostwa Świata w Akrobacji Szybowcowej, Węgry
- Mistrzostwa Polski w Akrobacji Szybowcowej, Polska
- Mistrzostwa Polski w Akrobacji Samolotowej, Polska
- Puchar Polski w Akrobacji Samolotowej, Polska
- 2017
- Mistrzostwa Świata w Akrobacji Szybowcowej, Polska
- The World Games 2017, Polska
- Gdynia Aerobaltic 2017, Polska
- Air Show Radom, Polska

W ramach Mistrzostw Świata system jest uwzględniany od 2016 roku w regulaminach zawodów. W 2017 roku AeroSafetyShow został również wykorzystany od strony organizatorów do zabezpieczenia takich wydarzeń masowych jak Gdynia Aerobaltic oraz The World Games. Podczas rozgrywania tych ostatnich, widok głównego ekranu aplikacji (wizualizacja 3D) był transmitowany dla szerokiej publiczności (rys. 2).

System ASSD+PL wśród swoich funkcjonalności posiada między innymi możliwość obserwacji wyznaczonej przestrzeni w trójwymiarze, ale również pozwala na zmianę perspektywy zgodnie z preferencjami obserwatora lub na potrzeby dokładnej

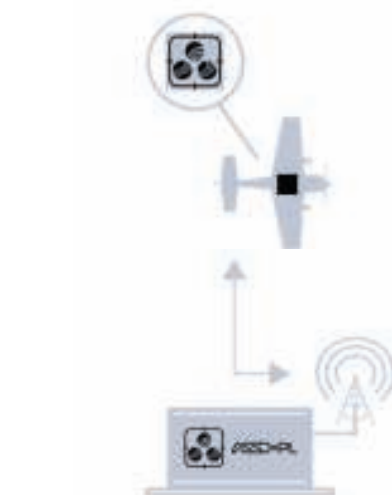


4. Ekran wykresu wysokości wykonywanego lotu aplikacji FlyMonitor ASSD+PL



5. Ekran rzutu z góry na wykonywany lot z zaznaczeniem strefy akrobacji w aplikacji FlyMonitor ASSD+PL

analizy lotu. Rysunki nr 3-5 przedstawiają widoki możliwe do wyboru w ramach aplikacji wizualizującej FlyMonitor w trakcie wykonywania elementu lotu (pętla z przekroczeniem dolnej strefy box'u). Na grafikach przedstawiono moment wykonywania tej samej figury w celu zobrazowania możliwości systemu. Operator/instruktor naziemny ma pełną możliwość zmiany widoku w dowolnym momencie. Również po zakończeniu lotu ma dostęp do raportów i zapisu historycznego, dzięki czemu możliwe



6. Schemat działania systemu ASSD+PL

jest wykonanie pełniej i szczegółowej analizy. Różne tryby widoku pozwalają na ocenę poprawności wykonywania figur oraz zachowania pozycji w strefie. W trybie „sportowym” od razu po zakończeniu lotu konkursowego drukowane są automatycznie 3 raporty uwzględniające wykres wysokości (z zaznaczeniem przekroczenia granic), rzut z góry na trasę (z widocznymi wyjściami poza strefę) oraz zestawia-

nie czasów spędzonych poza wyznaczonym obszarem. Takie raporty są od razu przekazywane sędziom, którzy na ich podstawie przyznają zawodnikom punkty karne.

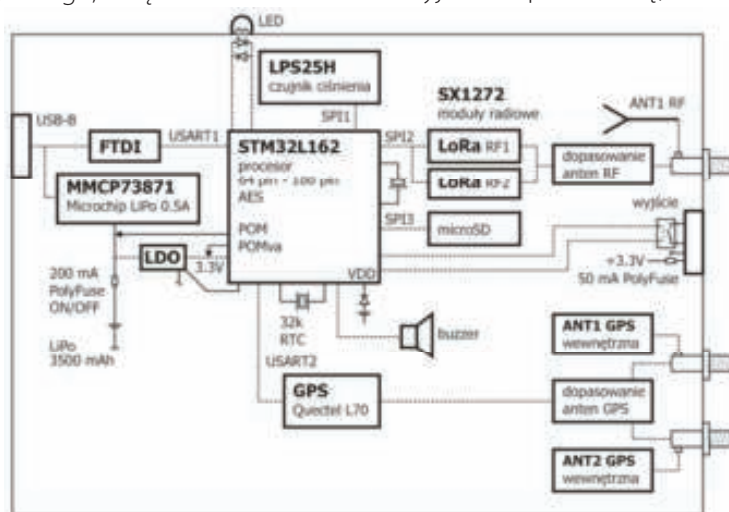
Podstawą działania systemu jest przesyłanie pakietów danych w czasie bieżącym z nadajników znajdujących się w statkach powietrznych do stacji odbiorczej znajdującej się na ziemi. Rysunek 6 obrazuje schemat funkcjonowania systemu ASSD+PL.

Komponenty systemu ASSD+PL

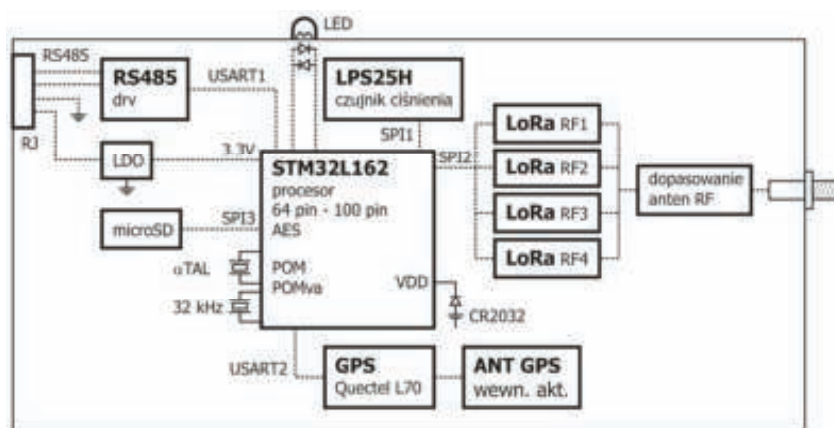
Na prawidłowe funkcjonowanie systemu składa się kilka kluczowych elementów. Przede wszystkim podstawą działania jest autorski protokół transmisji radiowej. Pakiety danych wysyłane są nadajników w czasie rzeczywistym z prędkością do 10 razy na sekundę. Dzięki temu nawet przy najbardziej skomplikowanej akrobacji aplikacja wizualizuje z wysoką dokładnością trasę lotu. Dodatkowo sygnał jest szyfrowany, co czyni go trudnym do przechwycenia bądź fałszowania. Wszystkie informacje zapisywane są nie tylko w ramach stacji odbiorczej przez samą aplikację (serwery), ale również dane archiwizowane są przez kartę pamięci umieszczoną w nadajniku (module mobilnym). Informacje na karcie pamięci zapisywane są nawet bez zasięgu antenowego. Co więcej, są one pozbawione wszelkich błędów czy zakłóceń transmisyjnych więc w razie wątpliwości możliwe jest ich odczytanie oraz odtworzenie i porównanie z zapisem czasu rzeczywistego. Jednocześnie w każdej sytuacji niedozwolonego ruchu aplikacja informuje użytkownika/operatora o jej zaistnieniu poprzez komunikaty świetlne i dźwiękowe nadawane w czasie rzeczywistym. Głównymi komponentami systemu są więc:

- Moduł mobilny (nadajnik)
- Stacja bazowa
- Aplikacja wizualizacyjna FlyMonitor

Nadajniki zostały zaprojektowane tak, aby ich umieszczenie możliwe było w dowolnym statku powietrznym, bez względu na jego konstrukcję. Główne elementy funkcjonalne modułu mobilnego to procesor, 2 szt. modułu radiowego RF, antena radio-



7. Schemat ideowy modułu mobilnego ASSD+PL



8. Schemat ideowy stacji bazowej ASSD+PL

wa RF, odbiornik GPS, 2 szt. anten GPS 2 szt., slot wraz z kartą microSD, buzzer, czujnik ciśnienia, bateria LiPo wraz z układem ładowania. Własne zasilanie modułów umożliwia ich eksploatację w powietrzu przez około 12 h bez konieczności ich ładowania. W trakcie testów wprowadzono dodatkową antenę zewnętrzną dipolową wykonaną w technologii elastycznej naklejki przyklejanej trwale do szyby w kokpicie, co znacząco poprawia zasięg łączności radiowej. Schemat ideowy nadajnika znajduje się na rysunku 7.

Stacja bazowa umożliwia odbieranie i przetwarzanie danych pochodzących z nadajników. Schemat ideowy przedstawia rysunek 8.

Należy wskazać następujące różnice względem modułu mobilnego:

- 4 moduły radiowe LoRa (w miejscu 2 w module mobilnym),
- brak anteny wewnętrznej RF,
- zewnętrzna antena RF na złączu SMA,
- moduł komunikacji szeregowej RS485 ze złączem RJ,
- pojedyncza antena aktywna modułu GPS,
- brak baterii LiPo (zasilanie ze złącza RJ RS485),
- brak modułu ładowania baterii MCP73871 [5].

Pomiędzy aplikacją (komputerem PC) a stacją bazową zabudowany jest konwerter USB/RS485. Łączność pomiędzy konwerterem a komputerem PC odbywa się za pośrednictwem przewodu USB. Ze względu na ograniczenia interfejsu USB konwerter jest zlokalizowany w bezpośredniej bliskości komputera PC. Łączność pomiędzy konwerterem a stacją bazową realizowana jest z wykorzystaniem interfejsu szeregowego w standardzie przemysłowym RS-485 w trybie półduplex (przewód skrętka 8 żył), który pozwala na większe długości przewodu (w systemie ponad 10 metrów) [5].

Aplikacja wizualizacyjna FlyMonitor jest kolejnym niezbędnym do odtworzenia pakietów danych elementem. Dedykowana aplikacja jest jedynym programem umożliwiającym odtworzenie danych przesłanych z nadajników. Podstawowymi funkcjonalnościami aplikacji jest wizualizowanie kilkudziesięciu statków powietrznych

jednocześnie oraz możliwość śledzenia wybranego z nich wyświetlając parametry lotu. Istnieje również możliwość zaprogramowania wybranej strefy obserwacji oraz określenie parametrów brzegowych (maksymalna dopuszczalna wysokość, strefa buforowa itd.). Aplikacja w obsłudze jest intuicyjna i przyjazna dla użytkownika. Jej szerokie możliwości pozwalają na wykorzystanie również w szkołach lotniczych, gdzie instruktor naziemny nie zawsze znajduje się w statku powietrznym z uczniem.

Szerokie funkcjonalności aplikacji oraz całego systemu pozwalają na jego wykorzystanie celem systematycznej poprawy bezpieczeństwa wykonywania lotów i eliminowania niewłaściwych zachowań z lotów akrobacyjnych i pokazowych.

Podsumowanie

Zarówno w procesie szkolenia pilotów, jak i podczas wykonywania akrobacji powietrznych niezwykle istotne jest precyzyjne określenie pozycji statku powietrznego (SP) oraz jego podstawowych parametrów. Zwiększająca się liczba zdarzeń oraz wypadków lotniczych spowodowała pojawienie się zapotrzebowania na system umożliwiający kontrolowanie lotów w czasie rzeczywistym, natychmiastową ingerencję instruktora lub koordynatora lotów, jak również z analizę zapisu wykonanego lotu. Takim systemem jest AeroSafetyShow Demonstrator+PL, który jako polski produkt stanowi ewenement na skalę światową [5] [6]. ◀

Materiały źródłowe

- [1] https://mazuryairshow.files.wordpress.com/2013/07/mapa_bezp_2013.jpg
- [2] <http://www.smartage.pl/katastrofa-na-pokazach-lotniczych-na-lotnisku-sknilow/>
- [3] https://zik.ua/pl/news/2016/07/27/lww_wspomina_ofiar_katastrofy_na_lotnisku_skniv_728142
- [4] <http://histografy.pl/katastrofa-na-lotnisku-sknilow/>

[5] Krupa W., Górzeński R., Aerosafetyshow Demonstrator+PL. Inteligentny system nadzoru i bezpieczeństwa operacji lotniczych w czasie rzeczywistym, Poznań – Lotnictwo dla Obronności, str. 273-288, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, ISBN 978-83-7775-428-3

[6] Krupa W., Linka A., Ciałkowski M., Wróblewska A., Bezpieczeństwo operacji lotniczych w szkoleniu, zawodach oraz pokazach akrobacyjnych, Poznań – Lotnictwo dla Obronności, str. 273-288, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, ISBN 978-83-7775-428-3

Pyrzowice: lotniskowy parking będzie większy o 660 miejsc

Dorota Niecko, Dziennik Zachodni, 13.08.2018

Koniec korków do bramek, ale nie koniec z opłatami. Parking na lotnisku Katowice Airport będzie większy. Będą nowe drogi, a wyjazd, w innym miejscu niż obecnie. Przebudowa parkingu zacznie się we wrześniu i ma zakończyć przed latem 2019. Parking P1, czyli ten najbliższy terminali, krótkoterminowy, będzie potem o wiele większy. Na parkingu P1 powstanie 660 nowych miejsc parkingowych. Aktualnie jest ich 1242. W wyniku rozbudowy powierzchnia parkingów i dróg wewnętrznych na parkingu P1 wzrośnie o 20,3 tys. m kw. W ramach projektu powstanie nowa strefa wyjazdowa z sześcioma bramkami. Obecnie jest ich pięć. Umowa z wykonawcą została już podpisana (...).

S1 do lotniska w Pyrzowicach: drugą nitkę wybuduje konsorcjum trzech firm za ponad 107 mln zł

AD, PAS, Dziennik Zachodni, 18.07.2018

W sierpniu tego roku Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad miała zamiar wybrać najkorzystniejszą ofertę w drugim już przetargu na budowę drugiej nitki drogi ekspresowej S1 od Podwarpia do Pyrzowic. Stało się to jednak znacznie wcześniej, o czym GDDKiA poinformowała w poniedziałek 16 lipca. Za najkorzystniejszą ofertę na budowę 9,7 km odcinka drogi ekspresowej S1 Pyrzowice - Podwarpie (III etap z wyłączeniem odcinka I w „Pyrzowice” - w „Lotnisko”) uznana została propozycja złożona przez konsorcjum firm: Przedsiębiorstwo Wielobranżowe Banimex Sp. z o.o., Azi-Bud Sp. z o.o. i Duna Aszfalt Út-és Mélyépítő Kft. Wybrany wykonawca zaoferował wykonanie tego zadania za kwotę brutto: 107 mln 212 tys. 582,87 zł, w czasie 20 miesięcy, licząc od daty zawarcia umowy. Zamówienie realizowane będzie w formule „buduj” (...).

Podnoszenie poziomu bezpieczeństwa wykonywania naziemnych operacji lotniskowych poprzez wdrożenie autonomicznego systemu nadzoru i bezpieczeństwa

Increasing safety level of airport ground operations by implementing an autonomous system of supervision and security



Anita Linka

Mgr inż.

Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Katedra Techniki Ciepłej

Anita.d.linka@doctorate.put.poznan.pl



Agnieszka Wróblewska

Dr hab. inż.

Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Katedra Techniki Ciepłej

Agnieszka.wroblewska@put.poznan.pl

Streszczenie: W niniejszym artykule zawarto opis oraz możliwości wykorzystania systemu Ground Safety (GS), który dedykowany jest do nadzoru przestrzeni naziemnej portu lotniczego. System umożliwia kompleksową kontrolę oraz zarządzanie ruchem na powierzchni całego portu. Oprócz nadzoru w czasie rzeczywistym możliwe jest między innymi archiwizowanie oraz odtwarzanie danych, komunikacja obustronna między użytkownikami a bazą, a także przesyłanie komunikatów zbiorczych. Wyposażenie gości lotniska w nadajnik pozwala na stały dostęp do jego podstawowych parametrów oraz aktualnej pozycji. Artykuł opisuje możliwości obniżania poziomu ryzyka występowania zdarzeń niebezpiecznych i niepożądanych oraz pokazuje sposoby na zwiększanie ogólnego bezpieczeństwa jednostki.

Słowa kluczowe: Bezpieczeństwo w lotnictwie; Porty lotnicze; Systemy satelitarne

Abstract: This article describes the Ground Safety (GS) system and shows the possibilities of its use. System is dedicated to the supervision of the airport's ground space. GS enables comprehensive control and traffic management on the entire port area. In addition to real-time supervision, it is possible, among another, to archive and restore data preserving its integrity, two-way communication, and also bulk messages broadcasting. The equipment of the airport guests in the transmitter allows constant access to its basic parameters and current position. The article describes the possibilities of reducing the risk level of occurrence dangerous and undesirable incidents. It also shows how to increase the overall security of the unit.

Keywords: Safety of aviation; Airports; Satellite systems

Władze oraz instytucje każdego rodzaju lotnictwa zarówno cywilnego (m.in. lotnictwo liniowe, ogólne lub sportowe) jak i wojskowego za główny priorytet swojej działalności obierają bezpieczeństwo ogółu operacji powietrznych i naziemnych, które składają się na powodzenie zadania lotniczego. Polityka proaktywna stosowana aktualnie najczęściej w jednostkach organizacyjnych polega na zapobieganiu i niedopuszczeniu do pojawienia się sytuacji niebezpiecznych. Metoda proaktywna to nowe podejście w celu uniknięcia strat w ludności, czy sprzęcie jak i zminimalizowani szkód dla środowiska przy użyciu systemów zarządzania bezpieczeństwem [1]. Stąd konieczność szczegółowego kontrolowania każdego etapu przygotowywanego zadania lotniczego. Począwszy od stanu technicznego statku powietrznego, przez jego trans-

port na płytę, załadunek aż po sam lot. Niezmiennie istotne jest dokładne badanie każdego aspektu mogącego być przyczyną zdarzenia, które doprowadzi do zdarzeń niepożądanych.

Lotniskowe operacje naziemne

Opisując zakres oraz obszar wykonywania lotniskowych operacji naziemnych należy rozpocząć od podania kilku definicji. Pozwoli to na uporządkowanie wiedzy ogólnej w omawianym zakresie. Rozpoczynając od najbardziej ogólnej, ale niezbędnej do prowadzenia dalszych rozważań definicji „lotniska”, a kończąc na szczegółowym omówieniu rodzajów czynności naziemnych wykonywanych w jego obszarze.

Lotnisko zgodnie z art. 2 ust. 4 ustawy Prawo lotnicze (Dz. U. 2006 Nr 100, poz. 696 z późn. zm.) jest to wydzielony

obszar na lądzie, wodzie lub innej powierzchni w całości lub części przeznaczony do wykonywania startów, lądowań i naziemnego ruchu statków powietrznych, wraz ze znajdującymi się w jego granicach obiektami i urządzeniami budowlanymi o charakterze trwałym, wpisany do rejestru lotnisk [2]. Port lotniczy składa się z dwóch podstawowych obszarów, czyli lotniczego oraz usługowego. Częścią lotniczą lotniska zgodnie z art. 2 ust. 6 ustawy Prawo lotnicze (Dz. U. 2006 Nr 100, poz. 696 z późn. zm.) jest obszar trwale przeznaczony do startów i lądowań statków powietrznych oraz do związanego z tym ruchu statków powietrznych, wraz z urządzeniami służącymi do obsługi tego ruchu, do którego dostęp jest kontrolowany. Ten obszar stanowią więc: pole naziemnego ruchu lotniczego (pole manewrowe) oraz płyty postojowe. Obszar usługowy na-



1. Schematyczne zestawienie operacji lotniskowych [3]

tomiast, to ogół służb lotniskowych (w tym wieże kontroli lotów, straż pożarna i inne), parkingi, terminale, zaplecze paliwowe oraz systemu komunikacyjnego. Polem manewrowym nazywany jest obszar przeznaczony do ruchu związanego ze startem, lądowaniem oraz kołowaniem statków powietrznych [2]. Operacje lotniskowe (rys. 1) natomiast są określane jako wszelki ruch w polu manewrowym oraz w pobliżu lotniska, czyli między innymi starty, lądowania, kołowania, a także obsługę naziemną [3]. Służbami ruchu lotniczego (ang. ATS - Air Traffic Services) nazywany jest zespół czynności i usług wykonywanych przez odpowiednie organy, których celem jest zapewnienie bezpieczeństwa załogom i pasażerom statków powietrznych podczas lotu i manewrowania na lotniskach. Organem odpowiedzialnym za zarządzanie służbami ruchu lotniczego jest działająca z upoważnienia Ministra Infrastruktury Polska Agencja Żeglugi Powietrznej (PAŻP) [4].

Naziemne operacje lotnisko to więc wszystkie czynności wykonywane

w polu manewrowym, płytach postojowych oraz drogach kołowania. Do czynności takich zalicza się wiele działań służb wspomagających pracę lotniska. Służby te poruszają się niejednokrotnie w polu manewrowym. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 19 Listopada 2013 r. w sprawie obsługi naziemnej w portach lotniczych wyróżnić można 11 kategorii usług obsługi naziemnej:

1. Obsługa w zakresie administracji naziemnej i nadzoru,
2. Obsługa pasażerów,
3. Obsługa bagażu,
4. Obsługa towarów lub poczty,
5. Obsługa płytowa,
6. Obsługa statków powietrznych,
7. Obsługa w zakresie zaopatrzenia statków powietrznych w materiały napędowe,
8. Obsługa w zakresie utrzymania statków powietrznych,
9. Obsługa w zakresie operacji lotniczych i czynności administracyjnych związanych z załogą,

10. Transport naziemny,
11. Obsługa w zakresie zaopatrzenia pokładowego statków powietrznych w żywność i napoje (catering) [5].

Wszystkie wymienione wyżej służby poruszają się w mniejszej lub większej mierze po obszarze manewrowym lotniska. W związku z tym konieczne jest dokładne planowanie oraz koordynowanie wszystkich ich ruchów celem ograniczenia niebezpieczeństw. W ramach jednej operacji lotniczej do samolotu dotrzeć musi wiele służb. Przykładem może być prześledzenie obsługi samolotu pasażerskiego Airbus A 320 na Lotnisku Balice z dnia 23.07.2012 r. Pokład wypełniają 183 miejsca dla pasażerów, a sama maszyna napędzana jest dwoma silnikami 2 x CFMI CFM56-5B4/P. Po przylocie z prawie pełnym obłożeniem miejscowym samolot podkołował we wskazane miejsce postojowe. Pierwszymi pojazdami, które pojawiły się przy maszynie to trapy (schody dla pasażerów) przy przednich i tylnych drzwiach oraz dwa puste autobusy, które przetransportują podróżnych do terminali. Do prawej burty samolotu pojeżdżą samochód serwisowy firmy, która prowadzi kompleksowe usługi handlingowe dla przewoźnika na tym lotnisku. Dodatkowo pojawiają się 4 pojazdy transportujące bagaże pasażerów (rys. 2). Kolejnymi pojazdami pojawiającymi się przy maszynie są dystrybutor z paliwem oraz wóz bojowy straży pożarnej, który zabezpieczać będzie proces tankowania. Po opróżnieniu samolotu z pasażerów podjeżdża kolejny autobus – z kolejnymi podróżnymi. Pojawia się również pojazd ciągnikowy (tzw. pchacz). Podjechały kolejne dwa autobusy – łącznie 170 osób. Kiedy wszyscy zajmują swoje miejsca, samolot zostaje wypchnięty przez ciągnik lotniskowy, który nadzorowany jest przez dodatkowego pracownika obserwującego otoczenie oraz będącego w kontakcie z pozostałymi służbami i załogą (tzw. marshaller). Cała procedura od rozpoczęcia rozładunku aż po załadowanie na próg pasa startowego zajęła 38 minut [6].

Jak można zauważyć, przy obsłu-



2. Obsługa naziemna pasażerskiego statku powietrznego [6]

gach naziemnych bierze udział nie tylko wiele pojazdów, ale również licznych pracowników poruszających się po polu manewrowym. Koordynacja oraz nadzór nad całym ruchem jest więc trudny i niemożliwy do dokumentowania czy odtworzenia. Niejednokrotnie jedynym medium łączącym pracowników różnych szczebli są krótkofalówki lub po prostu wrażenia wzrokowe polegające na obserwacji otaczającego terenu. Nie można w tym miejscu zapomnieć, że najbardziej zawodnym elementem lotnictwa pozostaje człowiek [7][8][9], więc to jego poczynania powinny być kontrolowane i wspomagane najdokładniej.

Systemy bezpieczeństwa i nadzoru przestrzeni naziemnej lotniska

Bezpieczeństwo lotów definiowane jest jako zbiór właściwości danego systemu, który stwarza relatywnie małą możliwość zaistnienia zdarzeń uniemożliwiających wykonanie lotu (w tym wypadków i incydentów lotniczych). Zgodnie z Art. 134 Ustawy Prawo Lotnicze z 3 lipca 2002 r. „przez wypadek lotniczy rozumie się zdarzenie związane z eksploatacją statku powietrznego, które zaistniało od chwili, gdy jakkolwiek osoba weszła na pokład z zamiarem wykonania lotu, do momentu, gdy wszystkie osoby znajdujące się na pokładzie opuściły ten statek powietrzny, i podczas którego:

- 1) jakkolwiek osoba doznała obrażeń ze skutkiem śmiertelnym (...),
- 2) statek powietrzny został uszkodzony lub nastąpiło zniszczenie jego konstrukcji (...),
- 3) statek powietrzny zaginął lub znajduje się w miejscu, do którego dostęp jest niemożliwy”.

W myśl ustawy „incydentem lotniczym jest zdarzenie inne niż wypadek lotniczy, związane z eksploatacją statku powietrznego, które ma wpływ lub mogłoby mieć wpływ na jej bezpieczeństwo [10][11].

Bezpieczeństwo wg gen. Jerzego Lewitowicza, uwarunkowane jest zbiorem czynników, między którymi wymienić można:

- „bezawaryjność statków powietrznych i naziemnych środków zabezpieczania lotów,
- podatność na naprawę, remont i

utrzymanie zdadności SP,

- odpowiedzialność zawodowa personelu latającego i naziemnego personelu obsługowego,
- zapewnienie personelowi latającemu i naziemnemu niezbędnej informacji o stanie i parametrach pracy systemów i oprzyrządowania SP,
- sprawność środków sterowania lotami i łączności radiowej,
- sprawność środków zabezpieczenia meteorologicznego,
- wyposażeniem w środki awaryjne i ratunkowe,
- przygotowanie miejsc pracy,
- obciążeniem personelu latającego i naziemnego w ciągu dnia roboczego [12][13].

Rozpoczęcie wzmoczonych prac nad utworzeniem systemu kontroli przestrzeni naziemnej lotniska miało miejsce po fatalnej kolizji, do której doszło w 1977 roku na lotnisku Teneryfie. W katastrofie tej zderzyły się ze sobą dwa osobowe Boeingi 747 Jumbo, a zginęło łącznie 583 osób. Wypadek został okrzyknięty najtragiczniejszym w dziejach lotnictwa. Za przyczyny zdarzenia podano splot kilku czynników, w tym ludzki, techniczny oraz środowiskowy (zła pogoda – mała widzialność na płycie). Ten wypadek wpłynął na organizacje zarządzające portami lotniczymi oraz ustawodawców. W konsekwencji tej katastrofy poprawie uległy między innymi systemy łączności oraz regulaminy kierowania ruchem lotniczym w złych warunkach pogodowych [14]. Od tego czasu nieustannie rozwijano sposoby zarządzania oraz nadzoru nad przestrzenią naziemną lotnisk i lądowisk. Dodatkowym czynnikiem motywującym działania w obszarze wspierania ruchu lotniskowego jest chęć optymalizacji przepustowości portu. Moderowanie jej wielkością jest ściśle powiązane z ilością wykonywanych operacji, a co za tym idzie przychodem finansowym dla portu. Coraz większe zapotrzebowanie na wykorzystywanie transportu lotniczego zachęciło do poszukiwania nowych metod zarządzania czasem, bezpieczeństwem oraz precyzją operacji lotniczych, jak i naziemnych.

„W lotnictwie bezpieczeństwo jest zjawiskiem szczególnie ważnym. Ryzyko i zagrożenie nieustannie wy-

stępują w systemie bezpieczeństwa lotów, a kryteria budowy urządzeń technicznych oraz działania podejmowane na rzecz bezpieczeństwa zwykle zastrzane są dopiero po wypadku czy poważnym incydencie lotniczym. Interesującym zarówno pasażera, jak i załogę statku powietrznego. Metody zapewniania bezpieczeństwa warunkują w dużej mierze sukcesy lotniczych systemów cywilnych i wojskowych” [11].

Autonomiczny system nadzoru i bezpieczeństwa naziemnych operacji lotniskowych

W 2013 roku zespół naukowców i pilotów rozpoczął pracę nad utworzeniem systemu, który umożliwi bieżącą kontrolę przestrzeni powietrznej, w szczególności podczas wykonywania akrobacji. Pod koniec realizacji przedsięwzięcia autorzy dostrzegli zmieniające się potrzeby oraz wymagania portów lotniczych. W odpowiedzi opracowali oni pierwszy prototyp systemu, który miał kontrolować, rejestrować oraz wizualizować aktualną pozycję wszystkich obszarów portu komunikacyjnego. Oprogramowanie nazwano Ground Security. Proces optymalizacji oprogramowania nie ustał po zakończeniu projektu współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Unię Europejską. Po dziś dzień zespół specjalistów pracuje nad utworzeniem systemu idealnie dostosowanego nie tylko do potrzeb współczesnego lotnictwa, ale również trafi do wielu innych gałęzi przemysłu. Nową wersję systemu nazwano Ground Safety (GS).

Ideą działania systemu jest przesyłanie w czasie rzeczywistym informacji odnośnie położenia oraz podstawowych parametrów pojazdów, ludzi oraz samolotów będących w obszarze obserwowanej lokalizacji. Pakiety danych przesyłane są drogą radiową z nadajników do stacji odbiorczych. Wykorzystywane są najpopularniejsze pasma ISM 868 MHz oraz 433 MHz, a także 2.4 GHz w zależności od aktualnych warunków propagacji sygnału. Autorski protokół komunikacji zabezpiecza informacje wykorzystując najnowsze metody silnej kryptografii stosując przy tym sprzętowe kopro-



3. Aplikacja wizualizująca pozycję pojazdów oraz pracowników portu lotniczego.

cesory kryptograficzne wbudowane w nadajniki. Specjalnie na potrzeby systemu wprowadzono nowy sposób zabezpieczania danych historycznych, bazujący na metodzie Blockchain praktycznie uniemożliwiający jakąkolwiek ingerencję w integralność i wiarygodność przechowanej informacji. Dane są ponadto gromadzone w 3 niezależnych magazynach: w bazie danych systemu, w nośnikach danych stacji odbiorczych oraz nośnikach danych wbudowanych w nadajniki

Przewag systemu GS nad innymi systemami nadzoru przestrzeni naziemnej lotnisk jest wiele. Jedną z najważniejszych jest na pewno niewielka infrastruktura oraz niskie koszty wdrożenia i eksploatacji. W porównaniu do drogich systemów radarowych, do działania GS w minimalnej konfiguracji wystarczy montaż anteny odbiorczej wraz ze stacją bazową, wyposażenie pojazdów oraz pracowników w nadajniki oraz podłączenie systemu do sieci Internetowej. Takie rozwiązanie pozwala na wdrożenie doskonałego narzędzia do kompleksowego nadzoru całej przestrzeni przy minimalnym nakładzie finansowym oraz infrastrukturalnym. Oczywiście system ma możliwość instalacji autonomicznej w zamkniętej sieci, gdy zachodzi taka potrzeba. Jak zostało wspomniane wcześniej, komponentami systemu są nadajniki mobilne, stacja odbiorcza z zestawem anten oraz konsola systemu w postaci aplikacji pracującej w przeglądarce www (rys. 3).

Najważniejszymi funkcjami systemu są:

- Wizualizacja w czasie rzeczywistym pozycji oraz podstawowych parametrów pracowników, pojazdów oraz gości
- Możliwość odtworzenia zapisu historycznego
- Możliwość wyznaczania stref wewnątrz lokalizacji o dowolnych kształtach
- Możliwość przypisywania obustrzeń dla utworzonych stref (np. ograniczenie prędkości, zakaz wstępu dla pracownika bądź grupy)
- Możliwość odtworzenia obrazu na urządzeniach mobilnych oraz poza lokalizacją
- Logowanie do aplikacji tylko dla upoważnionych użytkowników
- Możliwość obustronnej komunikacji z pracownikami (wysyłanie wiadomości tekstowych do pojedynczych pracowników, grup lub wszystkich aktywnych w strefie, otrzymywanie wiadomości od pracowników, nadawanie sygnału SOS przez pracownika)
- Archiwizacja danych w ramach serwerów (przez aplikację) ale również w ramach karty pamięci nadajników oraz kart pamięci stacji bazowych
- Sygnał przesyłany z nadajników do stacji bazowej jest szyfrowany autorską metodą - brak możliwości przechwycenia danych bądź ich fałszowania

Nadajniki wyposażone są między innymi w anteny radiowe dla pasm LoRa, Bluetooth, GPS, czujnik IMU o 10

stopniach swobody, wyposażony w akcelerometr, magnetometr oraz żyrokompas. Całość zamknięto w szczelnej obudowie spełniającej normę IP56. Moduły mogą być umieszczane w pojazdach lub w kamizelkach wielofunkcyjnych, w które wyposażone są wszystkie osoby pracujące w obszarze ruchu lotniskowego. W przypadku wizyt osób i pojazdów spoza obsługi portu, każdy gość obecny na lotnisku również posiadałby nadajnik, dzięki czemu możliwe byłoby kontrolowanie trasy ich przemieszczania.

W ramach aplikacji możliwe jest również wizualizowanie pozycji samolotów dzięki doposażeniu zestawu odbiorczego w antenę ADS-B. Integracja wszelkiego ruchu kołowego zwiększa znacząco poziom bezpieczeństwa operacji naziemnych lotniska. Kontroler obsługujący aplikację może nie tylko obserwować całe lotnisko, ale również zostanie poinformowany świetlnie i dźwiękowo w przypadku niebezpieczeństwa (minimalizowanie ryzyka przeoczenia niedozwolonych ruchów). Może on również delegować odpowiedzialność za poszczególne obszary kolejnym kierownikom. Dzięki włączeniu do sieci Internetowej możliwe jest odtworzenie aplikacji w dowolnym miejscu oraz czasie (po ówczesnym zalogowaniu).

Rejestracja przemieszczeń odbywa się jednocześnie i niezależnie za pośrednictwem trzech źródeł:

- aplikacja – zapis w ramach serwerów,
- karta pamięci – zapis w ramach karty pamięci umieszczonej w nadajniku,
- karta pamięci stacji bazowej – zapis danych z nadajników znajdujących się w jej zasięgu.

Podsumowanie

Lotnictwo stanowi specyficzny obszar, w którym niejednokrotnie zmiany oraz obostrzenia przepisów są wynikiem wypadków czy zdarzeń, które miały miejsce, a nie zostały wcześniej przewidziane. W związku z tym władze na całym świecie starają się uszczelnić ustawy oraz przepisy tak, aby zapewnić jak największe bezpieczeństwo pasażerom oraz członkom załogi i ob-

sługi naziemnej. Jednym z najaktualniejszych wymogów wprowadzonych przez jednostki zarządzające ruchem lotniczym w Europie jest konieczność prowadzenia nadzoru nad naziemnym ruchem lotniskowym. Idealnym narzędziem dla lotnictwa cywilnego jest system Ground Safety, który został całkowicie zaprojektowany w Polsce. Oprogramowanie umożliwia nie tylko prowadzenie kontroli w czasie rzeczywistym, ale również rejestrację wszystkich zdarzeń, ich odtworzenie oraz udostępnienie widoku na wszelkie urządzenia mobilne. Bezpieczeństwo nie jest kwestią przypadku – to szereg czynności zapobiegawczych, które mają na celu skuteczne obniżanie poziomu ryzyka wystąpienia zdarzeń niepożądanych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Zieja M., Gołda P., Wybrane aspekty systemu zarządzania bezpieczeństwem. Logistyka 4/2014, str. 2600-2602
- [2] https://www.polot.net/lotnisko_ogolnie_czesc_1, dostęp 13.07.2018
- [3] Kwasiborska A., Malarski M., Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2009, z. 71, s. 113-136
- [4] www.kontrola-ruchu-lotniczego.com, dostęp 13.07.2018
- [5] Dziennik ustaw Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa dnia 25 listopada 2013 r., poz. 1378, Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 19 listopada 2013 r. w sprawie obsługi naziemnej w portach lotniczych
- [6] https://www.polot.net/lotnisko_ogolnie_czesc_4_plyta_postojowa_i_inne_obiekty, dostęp 16.07.2018
- [7] Ilków A., Czynniki ludzkie w systemie bezpieczeństwa ruchu lotniczego. Prace Instytutu Lotnictwa, Warszawa 2011, nr 211, s. 99-119

- [8] Compa T., Kozuba J., Pila J., Czynniki ludzkie a poziom bezpieczeństwa realizacji zadań lotniczych. Logistyka 6/2013, str. 72-83
- [9] <https://dyskusja.biz/gospodarka/najslabsze-ogniwo-to-jednak-czlowiek-2-50343>, dostęp 20.07.2018
- [10] Ustawa Prawo Lotnicze z dnia 3 lipca 2002 roku
- [11] <https://docplayer.pl/20907206-Naziemny-system-detekcji-pasow-startowych-i-drog-kolowania-asde-a-bezpieczenstwo-w-ruchu-lotniczym.html>, dostęp 20.07.2018

Dwa wiadukty do rozbiórki na autostradzie A1. Beton nie przeszedł prób wytrzymałościowych

Bartłomiej Romanek, Dziennik Zachodni, 15.08.2018

Dwa wiadukty na autostradzie A1 muszą być rozebrane. Poważne problemy dotyczą budowy autostradowej obwodnicy Częstochowy. Generalna Dyrekcja Dróg i Autostrad nakazała wykonawcy rozbiórkę dwóch wiaduktów nr 361 i 362 (...). W związku z negatywnymi wynikami badań laboratoryjnych konieczna będzie rozbiórka ustrojów nośnych (płyty) wiaduktów WD-362 i WD-361 na jezdni prawej. Pozostałe elementy wiaduktów spełniają stawiane im wymagania techniczne i nie będą rozbierane (...).

Autostrada A2 w Poznaniu. Będzie trzeci pas. Wojewoda wydał decyzję

BLD, Głos Wielkopolski, 28.05.2018

Wojewoda wielkopolski Zbigniew Hoffmann podpisał dwie decyzje o zatwierdzeniu projektu budowlanego i udzieleniu pozwolenia na dobudowę trzeciego pasa ruchu i wzmocnieniu konstrukcji nawierzchni autostrady A2 na odcinku od węzła "Poznań Zachód" do węzła "Poznań Krzesiny" o długości prawie 16 km (...).

Budowa Obwodnicy Metropolitalnej Trójmiasta coraz bliżej. Droge zatwierdził Komitet Ekonomiczny Rady Ministrów

Janina Stefanowska, Dziennik Bałtycki, 6.06.2018

We wtorek 5 czerwca Komitet Ekonomiczny Rady Ministrów jednogłośnie opowiedział się za przyjęciem do realizacji w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego budowy Obwodnicy Metropolitalnej Trójmiasta. Inwestycja ta może rozpocząć się jeszcze w tym roku, ze względu na nadchodzące wybory parlamentarne w 2019 r. Od kilku lat samorządowcy z

- [12] Lewitowicz J., Dragan K., Laski A., Michalak S., Zieja M. Problemy badań i eksploatacji techniki lotniczej. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, nr 9, Warszawa 2016
- [13] Siergiejczyk M., Krzykowska K. Koncepcja wdrożenia nowoczesnych systemów naziemnych detekcji sytuacji ruchowych dla wybranego lotniska. Logistyka-nauka, nr. 4/2011
- [14] <https://artelis.pl/artykuly/22790/Teneryfa-1977---Najwiekszy-Wypadek-w-Historii-Lotnictwa-Cywilnego>

Pomorza przekonywali, że budowa Obwodnicy Metropolitalnej Trójmiasta jest strategicznym działaniem na rzecz rozwoju Pomorza i Kaszub. Wczoraj Komitet Ekonomiczny Rady Ministrów umieścił budowę OMT na liście realizacji w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego (...).

Droga ekspresowa S8 do wyprostowania. Chcą wybudować fragment drogi z Łodzi do Tomaszowa Mazowieckiego

Matylda Witkowska, Dziennik Łódzki, 3.07.2018

Droga S8 między Łodzią a Tomaszowem Mazowieckim powinna zostać wyprostowana - uważają łódzcy radni i posłowie PO. Wczoraj w tej sprawie zwołali roboczy „okrągły stół”. Prowadząca z Wrocławia do Białegostoku droga ekspresowa S8 w rejonie Łodzi ma przerwę. Z Łodzi trzeba jechać autostradą A1 na południe do Piotrkowa Trybunalskiego i tam znów wjechać na S8. Pociągnięcie drogi do Tomaszowa Mazowieckiego uprościłoby trasę. I pomogło wielu miejscowościom regionu. Łódzcy radni PO Tomasz Kacprzak i Mateusz Walasek zorganizowali wczoraj w tej sprawie „okrągły stół” z udziałem parlamentarzystów PO (...).

Latamy z Balic na wakacje i do USA. Kolejne rekordy krakowskiego lotniska

Grzegorz Skowron, Gazeta Krakowska, 3.07.2018

W ciągu sześciu miesięcy port lotniczy w Balicach obsłużył już blisko 3,2 mln pasażerów, o 18 proc. więcej niż rok temu o tej samej porze. Tylko w czerwcu z Krakowa odleciało lub tu przyleciało blisko 600 tys. osób. W czerwcu 2018 r. z usług krakowskiego lotniska skorzystało 594 983 pasażerów, o 64 tys. więcej niż przed rokiem, co oznacza 12-proc. wzrost ruchu pasażerskiego. Odnotowano łącznie 4 512 startów i lądowań, czyli o 8 proc. więcej niż w analogicznym okresie 2017 roku (...).

Zastosowanie geokrat do zapewnienia nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych

Application of geogrids to ensure the load-bearing capacity of natural airfield pavements



Mariusz Wesołowski

Pplk dr inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

mariusz.wesolowski@itwl.pl



Danuta Kowalska

Mgr inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

danuta.kowalska@itwl.pl



Agata Kowalewska

Mgr inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

agata.kowalewska@itwl.pl



Aleksandra Rumak

Mgr

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

Streszczenie: W artykule opisano naturalne nawierzchnie lotniskowe w aspekcie wykonywania na nich operacji lotniczych. Z uwagi na fakt, iż elementy funkcjonalne lotnisk nie zawsze są zlokalizowane na podłożach o wystarczającej nośności, należy stosować zabiegi zwiększające wytrzymałość tych podłoży. Aktualnie, na rynku dostępna są różne technologie wzmocnień, a wybór odpowiedniej metody nie jest prosty i jest uzależniony od wielu czynników, m.in. efektu końcowego, jaki chcemy uzyskać po ulepszeniu, dostępności technologii czy względów ekonomicznych.

W artykule przedstawiono propozycję wzmocnienia naturalnej nawierzchni lotniskowej za pomocą geokrat (geosyntetyków komórkowych). Opisano wpływ zastosowanej technologii na poprawę stanu naturalnych nawierzchni lotniskowych na jednym z obiektów lotniskowych. Przeanalizowano wyniki badań terenowych obejmujących: odwierty geotechniczne, sondowanie DPL oraz DCP oraz badanie nośności płytą statyczną (VSS) i ugięciomierzem lotniskowym typu HWD.

Słowa kluczowe: Naturalne nawierzchnie lotniskowe; Wzmocnienie geokratą; Nośność

Abstract: The article describes natural airport pavements in the aspect of performing air operations. Due to the fact that airfield functional elements are not always located on ground of sufficient bearing capacity, it is necessary to use treatments that increase the strength of weak soils. Various reinforcement technologies are available on today's market, and choosing the right method is not simple and depends on many factors, including the final effect we want to achieve after improvement, availability of technology or economic reasons.

The article presents a proposal to strengthen the natural airfield pavements using geogrids (cellular geosynthetics). The influence of the applied technology on the improvement of the natural airfield pavemen at one of the airport facilities is described. The results of field tests including geotechnical wells, DPL and DCP probing as well as static plate load tests (VSS and load tests performed with high weight deflectionometer (HWD), were analyzed.

Keywords: Natural airfield pavements; Reinforcement with geogrids Load bearing capacity

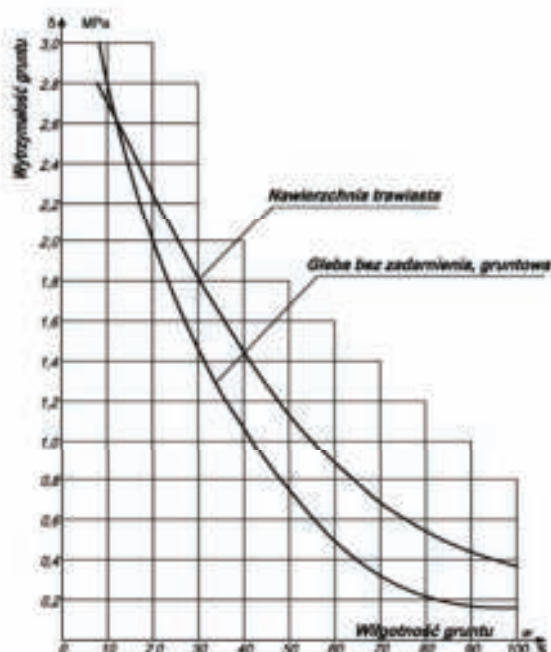
Naturalne nawierzchnie lotniskowe są to nawierzchnie utworzone przez odpowiednie przygotowanie gruntu w celu zapewnienia możliwości bezpiecznego wykonywania ruchu po nich [1]. Naturalne nawierzchnie lotniskowe dzieli się na darniowe oraz gruntowe. Warstwa jezdna nawierzchni gruntowej wykonana jest z gruntu, nie posiada warstwy darniowej. Natomiast nawierzchnia darniowa jest nawierzchnią gruntową, która pokryta jest glebą o

rozwiniętej roślinności trawiastej i jest przystosowana do wykonywania na niej operacji lotniczych.

Naturalne nawierzchnie lotniskowe dominują na lotniskach sportowych o mniejszym ruchu i obciążeniach, czyli na lotniskach o niższej klasie. Dla nawierzchni darniowych, obciążenie na główną goleń samolotu nie powinno przekraczać 100,00 kN [2, 3, 4].

Na lotniskach o wyższych klasach technicznych, naturalna nawierzchnia

lotniskowa występuje na pasie drogi startowej w obszarze roboczego pasa startowego, bocznych pasów bezpieczeństwa oraz czołowych pasów bezpieczeństwa. Te części pasa drogi startowej powinny być przystosowane lub zbudowane w taki sposób, aby zmniejszyć do minimum zagrożenie dla samolotów, dla których dana droga startowa jest przeznaczona, wynikające z różnicy w nośności nawierzchni, w przypadku, gdy samolot zjechałby z drogi starto-



1. Zależność pomiędzy wytrzymałością σ nawierzchni gruntowej, darniowej a wilgotnością [3]

wej [5]. Zgodnie z [6], pas drogi startowej po obu jej stronach powinien być umocniony tak, aby zmniejszone było zagrożenie statku powietrznego, który przypadkowo opuścił drogę startową. Pas drogi startowej po obu jej stronach powinien być wyrównany i zadarniony, co najmniej na szerokość określoną w zależności od cyfry kodu lotniska. W przypadku pola wzlotów (część pola naziemnego ruchu lotniczego, składająca się z jednego lub kilku pasów startowych [1]) z nawierzchni naturalnej, naturalna nawierzchnia drogi startowej powinna być pozbawiona nierówności i umożliwiać: utrzymanie kierunku ruchu statku powietrznego, jego hamowanie i rozbieg, odprowadzenie dróg opadowych, zachowywanie wymaganej nośności mokrej nawierzchni. Wysokość trawy na polu wzlotów nie powinna przekraczać 10 cm, przy czym w obrębie zabezpieczenia końców dróg startowych (RESA) trawa może mieć wysokość do 20 cm. W odległości do 3 m od krawędzi nawierzchni sztucznych trawa powinna być nisko koszona, w celu zapewnienia widoczności pomocy nawigacyjnych.

Na stan nawierzchni lotniskowych duży wpływ mają opady. Długotrwałe deszcze oraz gwałtowne topnienie śniegu powoduje, że teren lotniska jest grząski i stanowi zagrożenie w ruchu lotniczym. Można przewidzieć, że opady mają decydujący wpływ na stan pola wzlotów, od czego zależy bezpieczeństwo i regularność ruchu lotniczego [7].

Nawierzchnie darniowe

Nawierzchnia darniowa jest naturalną nawierzchnią lotniskową, przystosowaną do wykonywania operacji lotniczych. Jest to nawierzchnia gruntowa, dodatkowo pokryta glebą o rozwiniętej roślinności trawiastej oraz z silnie rozwiniętym systemem korzeniowym, przystosowana dzięki zabiegom technicznym i agrotechnicznym do startów i lądowań [2]. Grubość tej warstwy wynosi zazwyczaj od 10 cm do 18 cm. Uważa się, że obciążenie na goleń główną samolotu nie powinno dla tej nawierzchni przekraczać 100,00 kN [2,3,4].

Nawierzchnia darniowa jest lepszą wersją nawierzchni gruntowej, gdyż dzięki swoim właściwościom zmniejsza nawilgocenie gruntu, a tym samym zwiększa jego wytrzymałość. Nawierzchnia darniowa daje możliwość zwielokrotnienia około 3-5 razy nacisków kół w porównaniu z nawierzchnią gruntową bez darni [8]. Na rysunku 1 przedstawiono zależność pomiędzy wilgotnością gruntu a jego wytrzymałością dla nawierzchni gruntowej oraz trawiastej.

Nośność nawierzchni darniowych

Nośność naturalnej nawierzchni lotniskowej jest to jej zdolność do przejęcia i przenoszenia określonego obciążenia od statków powietrznych, bez ryzyka jego uszkodzenia. Uściślając, nośność nawierzchni darniowej jest to opór, jaki

stawia silnie rozbudowany system korzeniowy oraz zawarte w nim cząstki gruntu obciążeniom, które pochodzą od ciężaru samolotu będącego w stanie spoczynku bądź ruchu. Nawierzchnia darniowa pola wzlotów ma jednakową nośność na całej powierzchni oraz równomierny porost traw [8]. Nośność naturalnych nawierzchni lotniskowych wyrażana jest kalifornijskim wskaźnikiem nośności CBR.

Obciążenia nawierzchni lotniskowych różnią się od obciążeń występujących na drogach. Główna różnica polega na wielkości powierzchni, która te obciążenia musi przyjąć, gdyż w przypadku nawierzchni lotniskowych jest to niewielka powierzchnia kontaktowa, która musi przejść duże, powtarzalne obciążenia. Zazwyczaj sytuacja jest taka, że mały obszar nawierzchni przejmie obciążenia osiągające wartości obliczeniowe, a znaczne obszary nawierzchni lotniskowych sporadycznie przyjmują obciążenie obliczeniowe. Należy zaznaczyć, iż obciążenia statyczne nawierzchni pochodzące od samolotów powodują większe odkształcenia nawierzchni niż krótkotrwałe obciążenia dynamiczne o tej samej wartości.

Kryteria nośności nawierzchni darniowych należy wiązać z rodzajem samolotu obliczeniowego, który będzie eksploatowany na danym lotnisku [3]. Badania nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych należy wykonywać na wszystkich elementach funkcjonalnych lotniska, które posiadają nawierzchnię naturalną. Schemat rozmieszczenia poszczególnych elementów funkcjonalnych lotniska przedstawiono na rysunku 2.

Badania nośności naturalnych nawierzchni lotniskowych wykonuje się do głębokości 0,85 m poniżej powierzchni terenu. Wykonuje się je dla trzech wydzielonych warstw, rysunek 3:

- do głębokości 0,15 m – warstwa pierwsza,
- od głębokości 0,15 m do głębokości 0,50 m – warstwa druga,
- od głębokości 0,50 m do głębokości 0,85 m – warstwa trzecia.

W celu określenia kalifornijskiego wskaźnika nośności CBR naturalnych nawierzchni lotniskowych należy wykonać badania sondą DCP (rysunek 4), która powinna być zgodna z zapisami normy ASTM D6951M-09 [9]. Badania te, zgodnie z ASTM D6951M-09, polegają na pomiarze zagłębienia końcówki

sondy na jedno uderzenie obciążnika spadającego z określonej wysokości.

Kalifornijski wskaźnik nośności CBR oblicza się oddzielnie dla każdej wydzielonej warstwy, zgodnie ze wzorem [1,10]:

$$CBR = 292/DCP^{1,12}$$

gdzie:

CBR - kalifornijski wskaźnik nośności [%];
 DCP - zagłębienie stożka sondy przypadające na jedno uderzenie [mm].

Minimalna wartość CBR dla badanego EFL powinna wynosić 15% dla pierwszej warstwy, do głębokości 0,15 m oraz 8% dla warstwy powstałej z połączenia warstwy drugiej i trzeciej, czyli od głębokości 0,15 m do głębokości 0,85 m poniżej powierzchni terenu [1].

Wzmacnianie nawierzchni gruntowych

Przy wyborze terenu pod lotnisko o nawierzchni darniowej, na uwadze należy mieć wszystkie zasady i ustalenia jak dla lotnisk o nawierzchniach sztucznych [3]. W przypadku nawierzchni darniowych dodatkowym wymaganiem jest rodzaj gleby. Rodzaj i właściwości gleby mogą przesądzić o negatywnym charakterze wybranego terenu pod przyszłe lotnisko. Zgodnie z [8] nawierzchnię darniową zakłada się na gruncie o takiej wytrzymałości, aby odkształcenie pionowe nawierzchni podczas przejazdu koła statku powietrznego o największych wymiarach, największym ciężarze oraz ciśnieniu jednostkowym na badaną powierzchnię około 0,6 MPa wynosiło nie więcej niż 2 cm.

W celu zwiększenia wytrzymałości naturalnych nawierzchni lotniskowych można zastosować różnego rodzaju jej wzmocnienia i ulepszenia. Istnieje wiele technologii wzmocnień podłoża gruntowego, trudne jest jednoznaczne sklasyfikowanie tych metod. Jako kryterium podziału przyjmowane są: technologia wzmocnienia, głębokość ingerencji w podłoże, stosowane materiały, finalny efekt wzmocnienia [11].

Można wydzielić następujące grupy technologii:

- wzmocnienie podłoża poprzez poprawienie jego właściwości i/lub parametrów, bez stosowania domieszek innych materiałów;
- wymiana gruntów słabonośnych z wykorzystaniem kwalifikowanego kruszywa;
- wzmocnienie podłoża przy zastoso-

sowaniu domieszek, np. na drodze powierzchniowej lub wgłębnej stabilizacji lub formowania kolumn;

- wzmocnienie podłoża przy użyciu geosyntetyków [11].

Geosyntetyki, jak podaje [12] są to wyroby, których co najmniej jeden składnik został wytworzony z syntetycznego lub naturalnego polimeru, mający postać arkusza, taśmy lub formy przestrzennej, stosowany w kontakcie z gruntem i/lub innymi materiałami w geotechnice i budownictwie. Geosyntetyki mają wielorakie zastosowanie, m.in. drenowanie, filtrowanie, separacja, wzmacnianie czy ochrona, np. przeciw powierzchniowej erozji. Podział geosyntetyków, oparty na [12] przedstawiony w tabeli 1.

Zastosowanie geokraty do wzmacniania nawierzchni gruntowych

Geokraty są to geosyntetyki komórkowe, które wykorzystywane są do wzmacniania podłoża gruntowego, do umocnień przeciwoerozyjnych lub do budowy konstrukcji oporowych. Według [12] geosyntetyki komórkowe są to polimerowe (syntetyczne lub naturalne) wyroby o przestrzennej, przepuszczalnej strukturze w formie plastra miodu lub podobnej strukturze komórkowej, wytworzony z połączonych ze sobą taśm geosyntetyków.

Oceniając prawidłowość wyboru geosyntetyku do pełnienia określonej funkcji można posługiwać się różnymi współczynnikami. I tak, gdy geosyntetyk ma pełnić funkcję wzmacniania podłoża gruntowego można analizować współczynniki [13]:

$$LCR = q_r/q$$

gdzie:

LCR - współczynnik wzmocnienia (Load Capacity Ratio); q_r - obciążenie, które należy przyłożyć do powierzchni konstrukcji nawierzchni, by wywołać określoną wielkość odkształcenia podłoża wzmocnionego geosyntetykiem; q - obciążenie, które należy przyłożyć do powierzchni konstrukcji nawierzchni,

by wywołać tę samą wielkość odkształcenia podłoża niewzmocnionego geosyntetykiem.

$$BCR = q_{u(R)}/q_u$$

gdzie:

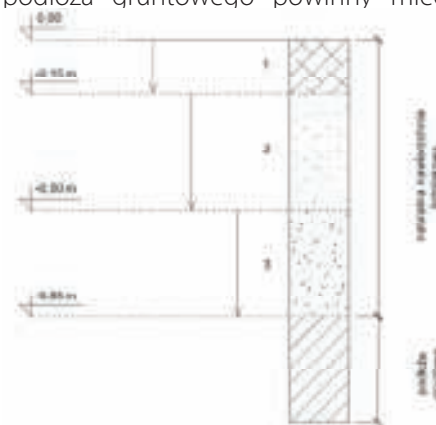
BCR - współczynnik nośności (Bearing Capacity Ratio); $q_{u(R)}$ - nośność podłoża wzmocnionego geosyntetykiem; q_u - nośność podłoża niewzmocnionego geosyntetykiem.

W normie PN-EN 13249 [14] podano wymagania dotyczące właściwości, jakie powinny spełniać geosyntetyki, w zależności od pełnionej funkcji. Materiały użytkowane w celu wzmocnienia podłoża gruntowego powinny mieć

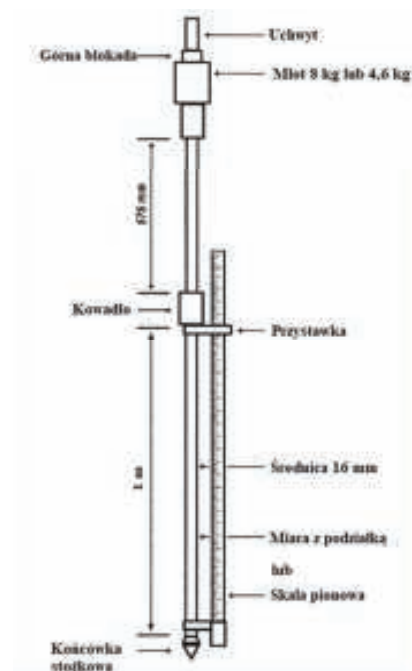


2. Schemat rozmieszczenia EFL podlegających ocenie nośności [1]

gdzie: CzPB - czołowy pas bezpieczeństwa; BPB - boczny pas bezpieczeństwa; DS - droga startowa; RPS - różnicowy pas startowy.



3. Układ wydzielonych warstw naturalnej nawierzchni lotniskowej [1]



4. Schemat sondy DCP

Tab. 1. Rodzaje geosyntetyków zgodnie z normą PN-EN ISO 10318-1:2015-12 [12]

GEOSYNTETYKI (GSY)			
GEOTEKSTYLIA (GTX)	GEOTEKSTYLNE WYROBY POKREWNE (GTP)	BARIERY GEOSYNTETYCZNE (GBR)	GEOKOMPOZYTY (GCO)
• Tkane (GTX-W)	• Geosiatki (georuszty) (GGR)	• Polimerowe (GBR-P)	
• Nietkane (GTX-N)	• Georuszty drenażowe (GNT)	• Iłowe (GBR-C)	
• Dziane (GTX-K)	• Geosyntetyki komórkowe (GCE)	• Bitumiczne (GBR-B)	
	• Geotaśmy (GST)		
	• Geomaty (GMA)		
	• Geosyntetyki dystansujące (GSP)		

zdefiniowane następujące parametry:

- wytrzymałość na rozciąganie;
- wydłużenie przy maksymalnym obciążeniu;
- odporność na przebicie statyczne CBR;
- przebicie dynamiczne;
- trwałość.

Właściwości geokraty zastosowanej do wzmocnienia nawierzchni naturalnej

Do wzmocnienia nawierzchni trawiastej na jednym z lotnisk aeroklubowych zastosowano geokratę, taką jaką wykorzystano wcześniej do modernizacji pasa startowego lądowiska leśnego, służącego do startów i lądowań lekkich samolotów pożarniczych oraz rolniczych.

Wygląd geokarty przedstawiono na fotografii 5.

Powierzchnia biologicznie czynna omawianej geokraty wynosi 85% a tym samym tworzywo stanowi 15%. Dane techniczne przedstawiono poniżej [15]:

Wymiary - 50 x 50 cm

Wysokość ścianek - 4 cm

Grubość ścianek - 3 – 4 mm

Wielkość oczek - 49 oczek, 7 x 7 cm (w jednej kratce)

Liczba elementów na m² - 4 szt.

Materiał - PP PE w 100% z recyklingu

Waga - 1,40 kg/sztuka; 5,60 kg/1 m²

Stabilność wymiarów - ± 3% (-30°C do +50°C)

Trwałość materiału - minimum 10 lat

Dopuszczalny nacisk na oś - 200kN/oś

Geokrata posiada certyfikat zgodności

zakładowej kontroli produkcji wystawiony przez akredytowaną jednostkę certyfikującą wyroby oraz deklarację właściwości użytkowych CE. Deklarowane właściwości użytkowe przedstawiono w tabeli 2.

Wyniki badań polowych naturalnej nawierzchni lotniskowej bez wzmocnienia i wzmocnionej geokratą

Zaprojektowana konstrukcja naturalnej nawierzchni drogi startowej miała następujący układ:

- wypełnienie geokraty humusem z obsianiem trawą lotniskową,
- geokrata z PEHD 500 x 500 x 40 mm,
- podsypka z piasku pod ułożenie geokraty 2 cm,
- górna warstwa podbudowy tłuczniowej z tłucznia twardego do stabilizacji mechanicznej 0/31,5 (melafir, gabro, granit itp.), grubości 10 cm z zagęszczeniem,
- dolna warstwa podbudowy tłuczniowej z tłucznia twardego ze skał magmowych np. melafir, gabro, granit, 0/63 mm, grubość warstwy 15 cm,
- podsypka piaskowa o grubości 10 cm,
- wyprofilowane i wyrównane podłoże,
- pobocze drogi startowej o nawierzchni trawiastej nieumocnionej 2 x 7 m,
- spadek pobocza gruntowego 3%.

Proces układania geokraty przedstawiono na fotografii 6.

Teren objęty badaniami obejmował nawierzchnię naturalną bez wzmocnienia, trawiastą oraz nawierzchnię z kompletną technologią wzmocnienia, łącznie z zadarnioną geokratą (fotografia 7).

Pomiary przeprowadzono na drodze startowej lądowiska o długości 500 m i szerokości 36 m.

W ramach badań nawierzchni naturalnej bez wzmocnienia dokonano identyfikacji podłoża gruntowego, wykonując odwiert geotechniczny do głębokości 2,0 m (fotografia 8), dający pogląd na litologię terenu badań. Przeprowadzono również sondowanie dynamiczne lekką sondą dynamiczną DPL (fotografia 9) oraz sondowanie sondą dynamiczną stożkową DCP (fotografia 10). Sondowanie sondą DCP pozwoliło na określenie zagęszczenia warstw nie- spoistych, natomiast dzięki sondowaniu sondą DCP określono kalifornijski wskaźnik nośności CBR badanego podłoża.

Układ warstw litologicznych na badanym obszarze przedstawia się tak, jak podano w tabeli 3. Zwierciadło wody gruntowej nawiercono na głębokości 1,30 m p.p.t., po 1 godzinie ustabilizowało się na głębokości 1,0 m p.p.t. Podłoże gruntowe nawierzchni w przedziale głębokości od 0,8 do 1,7 m p.p.t. zakwalifikowano wg wysadzinowości gruntu i warunków wodnych, do grupy nośności G4 (grunty bardzo wysadzinowe).

Badanie kalifornijskiego wskaźnika nośności CBR przeprowadzono na naturalnej nawierzchni lotniskowej bez wzmocnienia (fotografia 7).

Jak wynika z wykresu – rysunek 11 – badana nawierzchnia naturalna (bez wzmocnienia) nie posiadała wymaganych wartości wskaźnika nośności CBR, wyniki ukształtowały się następująco: CBR (do 0,15 m) = 5,7% (wymagane min. 15 %), CBR (od 0,15 do 0,85 m) = 5,7% (wymagane min. 8 %).

Na naturalnej nawierzchni lotnisko-



5. Wygląd geokraty użytej do wzmocnienia naturalnych nawierzchni lotniskowych

Tab. 2. Właściwości charakterystyczne geokraty

Zasadnicze charakterystyki poddane ocenie w systemie 2+	Właściwości użytkowe
Wytrzymałość na rozciąganie	66,7 [kN/m] ± 15%
Wydłużenie przy maksymalnym obciążeniu	(11 ± 5)%
Przewidywana trwałość w warunkach pH>4 oraz pH<9	co najmniej 12 lat



6. Proces układania geokraty na odpowiednio przygotowanej konstrukcji



7. Obszary nawierzchni objęte badaniami



8. Wiercenie geotechniczne



9. Sondowanie sondą DPL



10. Sondowanie sondą DCP

← naturalna nawierzchnia bez wzmocnienia

← nawierzchnia wzmocniona

wej wzmocnionej systemem geokrat wykonano badanie nośności przy pomocy płyty statycznej VSS (fotografia 12) oraz badania nośności przy użyciu ugięciomierza lotniskowego HWD (fotografia 13).

W ramach badań polowych wykonywanych na wzmocnionej naturalnej nawierzchni lotniskowej (fotografia 7) wykonano badania nośności za pomocą płyty statycznej VSS w dwóch punktach oraz w pobliżu tych punktów, za pomocą ugięciomierza lotniskowego HWD.

Badanie nośności przy pomocy płyty VSS polega na pomiarze osiadania gruntu pod płytą, przy jego stopniowym obciążaniu, przy pomocy przeciwwagi i służy do określenia cech odkształceniowych i wytrzymałościowych podłoża. Badanie to charakteryzuje strefę do głębokości około 30-50 cm.

Wyniki nośności nawierzchni otrzymane podczas badań płytą VSS przedstawiono w tabeli 4.

Analiza otrzymanych danych

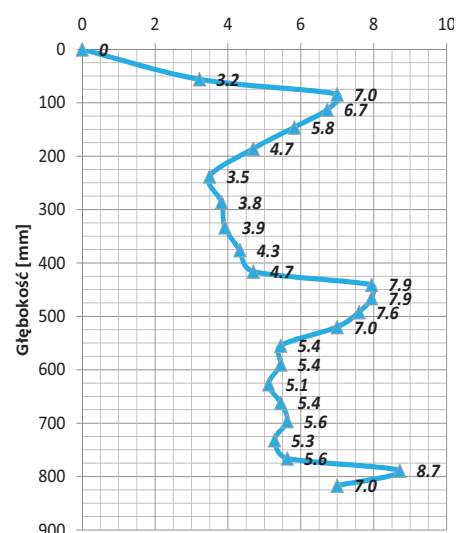
Aby określić moduł odkształcenia dla niewzmocnionej naturalnej nawierzchni lotniskowej, dla której wyznaczono kalifornijski wskaźnik nośności CBR, posłużono się wzorem Powella [1]:

$$E = 17,6 \times CBR^{0,64}$$

gdzie:

E - moduł sprężystości, [MPa]; CBR - kalifornijski wskaźnik nośności, [%].

Przy ocenie wyników przeprowadzonych badań należy pamiętać, iż ocena nośności sondą DCP była wykonana w nawierzchni naturalnej, niewzmocnionej. Natomiast konstrukcja wzmocnienia, wg projektu, ma 41 cm grubości,



11. Wykres wskaźnika nośności CBR

Tab. 3. Profil litologiczny naturalnej nawierzchni lotniskowej

Głębokość [m]	Rodzaj gruntu	Opis makroskopowy (kolor, wilgotność)
0,0 - 0,3	Humus	czarny, mało wilgotny
0,3 - 0,8	Piasek drobny z domieszką kamieni	szażółty, wilgotny
0,8 - 1,3	Piasek gliniasty	ciemnoszary mokry
1,3 - 1,7	Piasek gliniasty przewarstwiony gliną piaszczystą	ciemnoszary, nawodniony
1,7 - 2,0	Piasek średni	ciemnoszary, nawodniony

zatem podczas badania nośności płytą statyczną VSS wzmocnionej nawierzchni naturalnej badano przede wszystkim nośność konstrukcji wzmocnienia.

Zestawienie wyników modułów odkształcenia uzyskanych w wyniku badania płytą VSS oraz poprzez przeliczenie wskaźnika CBR zamieszczono w tabeli 5.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że nośność wzmocnionej naturalnej nawierzchni lotniskowej wzrosła o około 20%. Na wzrost nośności naturalnej nawierzchni lotniskowej miało z pewnością wpływ nie tylko zastosowanie geokraty, ale również warstwy podbudowy z kruszywa stabilizowanego mechanicznie (podbudowa dolna z tłucznia o uziarnieniu 0/63 oraz podbudowa górna, z tłucznia o uziarnieniu 0/31,5 mm).

W trakcie badań poligonowych, w miejscach przeprowadzenia pomiarów płytą typu VSS, wykonano również pomiar nośności już ulepszanego odcinka EFL za pomocą ugięciomierza lotniskowego typu HWD (fotografia 13). Na podstawie uzyskanych wyników oszacowano moduły odkształcenia dla całej



12. Badanie VSS



13. Badanie ugięciomierzem HWD

konstrukcji, tabela 6. Wyniki uzyskane podczas pomiarów ugięć sprężystych nawierzchni (HWD) są większe w porównaniu do modułów odkształcenia uzyskanych podczas badań płytą VSS. Może to wynikać z faktu, że badanie płytą VSS charakteryzuje strefę do około 0,5 m w głąb badanego ośrodka, natomiast badanie ugięciomierzem lotniskowym HWD ma zasięg większy.

Podsumowanie

W artykule omówiono pojęcie naturalnych nawierzchni lotniskowych, dominujące na lotniskach sportowych, ale również występujące w pasie drogi startowej na lotniskach o wyższych klasach technicznych. Najważniejszą cechą nawierzchni jest jej nośność, która jest charakteryzowana jako zdolność nawierzchni do przejścia i przeniesienia określonego obciążenia od statku

powietrznego. Przy wyborze terenu na lotnisko o nawierzchni naturalnej brane są pod uwagę wszystkie wymagania i ustalenia, jakie obowiązują dla nawierzchni sztucznych, ponadto w przypadku nawierzchni darniowych bardzo ważnym czynnikiem, nieraz decydującym o wyborze terenu, jest rodzaj występującej gleby.

Stosowanie wzmocnienia podłoża nawierzchni darniowych i gruntowych, w celu uzyskania zwiększenia ich nośności wiąże się bezpośrednio z zapewnieniem bezpieczeństwa wykonywania operacji lotniczych. W artykule opisano wzmocnienie podłoża naturalnych nawierzchni za pomocą geosyntetyków komórkowych, jakimi są geokraty.

Wyniki przeprowadzonych badań wstępnych potwierdzają, że istnieje możliwość poprawy nośności nawierzchni naturalnych, co stanowi sumaryczny efekt wynikający z zastosowania geokraty, ale również z ułożenia warstw podbudowy z kruszywa stabilizowanego mechanicznie. ◀

wanie i eksploatacja lotnisk, wydanie 6, lipiec 2013.

- [6] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 31 sierpnia 1998 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dla lotnisk cywilnych (Dz. U. nr 130 z dn. 31.08.1998 r. poz. 859 z późn. zmianami).
- [7] J. Marszałek. Budowa Lotnisk. Część 3 Projektowanie robót ziemnych i odwodnienia. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 1991.
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 07.06.2018 w sprawie wymagań technicznych i eksploatacyjnych dla lotnisk użytku wyłącznego oraz sposobu i trybu przeprowadzania kontroli sprawdzającej. Dz. U. z 2018 r. poz. 1208.
- [9] ASTM D6951/D6951M-09 Standard test method for use of the dynamic cone penetrometer in shallow pavement applications.
- [10] Pietruszewski P., Blacha K., Wośowski M. Evaluation of the bearing capacity of natural aircraft pavements by military standard NO-17-A503:2017. Aviation Advances&Maintenance, 2018, Volume 41, Issue 1.
- [11] Łęcki P., Dojcz P. Problematyka oraz sposoby stabilizacji i wzmocnienia gruntów budowlanych, GT Projekt, 2007.
- [12] PN-EN ISO 10318-1:2015-12 Geosyntetyki - Część 1: Terminy i definicje.
- [13] Łach K. Przegląd i systematyka geosyntetyków, Magazyn Autostrady 3/2017.
- [14] PN-EN 13249:2016-11 Geotekstylia i wyroby pokrewne. Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych do budowy dróg i innych powierzchni obciążonych ruchem (z wyłączeniem dróg kolejowych i nawierzchni asfaltowych).
- [15] www.geoproduct.pl, 30.07.2018 r.

Tab. 4. Wyniki nośności wzmocnionej nawierzchni naturalnej otrzymane podczas badania płytą statyczną VSS

Nr punktu	E_1 [MPa]	E_2 [MPa]	I_0 [-]
1	47	83	1,8
2	43	80	1,9

gdzie:

E_1 - pierwotny moduł odkształcenia; E_2 - wtórny moduł odkształcenia (zwany również modułem odkształcenia sprężystego); I_0 - wskaźnik odkształcenia.

Tab. 5. Wartości modułów odkształcenia uzyskanych z badań płytą VSS oraz przeliczenia wskaźnika CBR

Nr punktu	Rodzaj nawierzchni	E [MPa]	I_0 [-]
1	Naturalna niewzmocniona	64	1,8
2	Naturalna wzmocniona	83	1,9
3		80	

Tab. 6. Wartości modułów odkształcenia oszacowanych na podstawie badań ugięć sprężystych ugięciomierzem lotniskowym HWD

Nr punktu	Rodzaj nawierzchni	E [MPa]
1	Naturalna wzmocniona	134
2		121

Materiały źródłowe

- [1] NO-17-A503:2017 Nawierzchnie lotniskowe. Naturalne nawierzchnie lotniskowe. Badania nośności. Ministerstwo Obrony Narodowej, 2017.
- [2] Wytyczne lotniskowe. Ocena techniczna lotniskowych nawierzchni darniowych na podłożu piaszczystymi piaszczysto-gliniastym. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, 1967.
- [3] Nita P. Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2008.
- [4] Nita P. Naturalne nawierzchnie lotnisk, ich nośność oraz warunki budowy i użytkowania. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, 2015.
- [5] Załącznik 14 ICAO do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Lotniska Tom I - Projekto-

Wybrane problemy materiałowych badań łożysk tocznych przystosowanych do pracy w podwyższonych temperaturach

Selected issues of materials testing of rolling bearings adapted to work in elevated temperatures



Krzysztof Łęczycki

Mgr inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

krzysztof.leczycki@itwl.pl

Streszczenie: Łożyska toczne wykorzystywane w budowie turbinowych silników lotniczych są jednym z krytycznych elementów w ich konstrukcji, przez co uszkodzenie łożysk może w najgorszym przypadku może doprowadzić do katastrofy lotniczej. Dlatego ważne jest, aby wyjaśniać oraz eliminować przyczyny ich awarii. W niniejszym opracowaniu omówiono wybrane materiałowe badania dwóch uszkodzonych w latach 2016 i 2017 łożysk tocznych z silników turbinowych jednego typu lekkiego śmigłowca. Przedstawiono wyniki badań makroskopowych, mikrostruktury, twardości oraz składu chemicznego. Uzyskane wyniki porównano z badaniami z lat wcześniejszych.

Słowa kluczowe: Łożyska toczne; Turbinowe silniki lotnicze; Uszkodzenia łożysk tocznych; Badania materiałowe

Abstract: Rolling bearings are crucial component of aviation turbine engines. Bearing failure may, in worst case, lead to an engine failure and aircraft disaster. Therefore, investigation of their causes and subsequent risk factors elimination are of utmost importance. In the present study, selected materials testing issues of two rolling bearings from light rotorcraft turbine engines failures (in accidents of 2016 & 2017) are discussed. Results of macroscopic, hardness tests, microstructure and chemical assay are presented. The obtained data are compared with results of previous studies on the subject.

Keywords: Rolling bearings; Aviation turbine engine; Rolling bearings failure; Materials testing

Łożyska toczne są jedną z krytycznych elementów konstrukcji silników lotniczych. Ich wady konstrukcyjne i materiałowe, zanieczyszczenia lub nieprawidłowa eksploatacja może doprowadzić do uszkodzenia konstrukcji statku powietrznego w czasie lotu, a tym samym do utraty życia lub zdrowia załogi. Z tego powodu konstrukcje oraz materiały łożysk silników lotniczych muszą wykazywać wystarczającą odporność na specyficzne warunki pracy silników: wysokie prędkości obrotowe wałów (rzędu 104 obr/min), drgania, momenty zginające, [1], wysoką temperaturę.

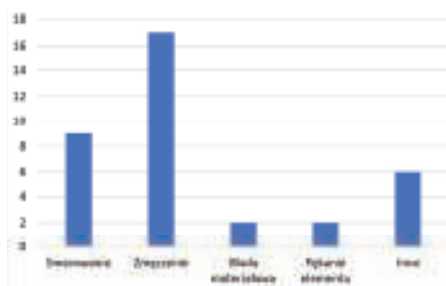
Do konstrukcji łożysk przeznaczonych do silników lotniczych wykorzystuje się wysoko stopowe stale z podwyższoną zawartością chromu, molibdenu, wolframu, wanadu przypominające składem chemicznym oraz właściwościami szybko tnące stale narzędziowe. Obecność pierwiastków stopowych tworzących wysokotopliwe węgliki (wolfram, molibden, wa-

nad) zwiększa stabilność termiczną struktury materiału w porównaniu do niskostopowych stali. Strukturę materiału po hartowaniu i kilkukrotnym odpuszczaniu w temperaturze ok. 550°C stanowi martenzyt z austenitem szcążkowym, węglnikami pierwotnymi oraz wtórnymi. Materiał po procesie ulepszania cieplnego zachowuje twardość stali po bezpośrednim hartowaniu ze względu na zjawisko powstawania stopowych węglików. Tego typu stale zachowują po obróbce cieplnej zbliżoną twardość do ok. 500 °C. Stale przeznaczone na łożyska do pracy w podwyższonych temperaturach powinny zawierać możliwie mało austenitu szcążkowego po procesie hartowania, minimalną ilość zanieczyszczeń oraz węgliki o niezbyt dużych rozmiarach, które mogą być przyczyną przyspieszonego zużycia zmęczeniowego bieżni łożysk. [1]

W Pracowni Materiałoznawstwa Lotniczego ITWL (dawniej Zakładu Inżynierii Materiałowej) w ciągu ok 50-ciu

lat wykonano wiele ekspertyz dotyczących uszkodzeń łożysk tocznych w silnikach turbinowych statków powietrznych. Liczną grupę 36-ciu przypadków stanowiły łożyska wałów sprężarek z silników lekkiego śmigłowca, których elementy toczne i pierścienie wykonano z wysokostopowych stali Cr-W-V do pracy w podwyższonych temperaturach.

Rys. 1 przedstawia zestawienie liczby badanych łożysk w zależności od typu uszkodzenia łożyska, w których wyróżniono uszkodzenia spowodowane: nieprawidłowym smarowaniem łożysk, zmęczeniowym wykruszaniem bieżni, wadami materiałowymi w postaci zbyt dużych węglików, pękaniem elementów konstrukcyjnych łożysk oraz innymi. W ostatniej kategorii zestawiono przypadki: niszczenia łożysk w wyniku działania nadmiernego działania obciążeń wzdłużnych, nadmiernego luzu w łożyskach i zbyt dużych obciążeń, wadliwego wykonania łożyska, powstawania łuków elektrycznych



1. Zestawienie przyczyn uszkodzeń łożysk tocznych turbiny sprężarki lekkiego śmigłowca, (na podstawie archiwum Pracowni Materiałoznawstwa Lotniczego ITWL)

między pierścieniem zewnętrznym a wtryskiwaczem [2]. Najczęściej spotykanymi przyczynami uszkodzeń łożysk były zmęczeniowe wykruszanie bieżni (47%) oraz nieprawidłowe smarowanie łożysk (25%).

Ostatnie przypadki awarii łożysk omawianego typu silnika badano w Pracowni Materiałoznawstwa Lotniczego w latach 2016 i 2017. Obie awarie nastąpiły wskutek nieprawidłowego smarowania łożysk. Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie badań mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych materiałów zniszczonych łożysk oraz porównanie ich z dwoma przypadkami zbadanymi w poprzednich latach.

Materiałowe badania łożysk tocznych. Przypadki z lat 2016 i 2017

W latach 2016 i 2017 odnotowano dwa podobne przypadki samoistnego wyłączenia się jednego z dwóch silników lekkich śmigłowców w czasie rozruchu [3, 4]. Stwierdzono w obydwu przypadkach blokowanie się turbin sprężarek, których przyczyną było uszkodzenie łożyska tej samej podpory silnika. Łożysko badane w roku 2016 na potrzeby niniejszego opracowania określono jako łożysko A, łożysko badane w roku 2017 określono jako łożysko B. Pierścienie i kulki łożysk wykonano ze stali chromowo-wolframowo-wanadowej, natomiast separator wykonano z brązu

aluminowo-żelazowo-niklowego.

W Pracowni Materiałoznawstwa Lotniczego ITWL wykonano następujące badania:

- obserwacje makroskopowe okiem nieuzbrojonym oraz z wykorzystaniem mikroskopu stereoskopowego Nikon SMZ 800,
- badania struktury z wykorzystaniem mikroskopu metalograficznego Nikon Eclipse MA200,
- badania składu chemicznego z wykorzystaniem mikroanalizatora rentgenowskiego LINK ISIS L200 sprzężonego ze skaningowym mikroskopem elektronowym JEOL JSM 5400,
- pomiary twardości metodą Vickersa z wykorzystaniem twardościomierza DuraScan 20 Laboratorium Materiałowych Badań Konstrukcji Lotniczych akredytowanym w Polskim Centrum Akredytacji pod numerem AB – 431. Zastosowano następujące obciążenia: 0,5 kG, 1 kG, 10 kG.

Badania makroskopowe

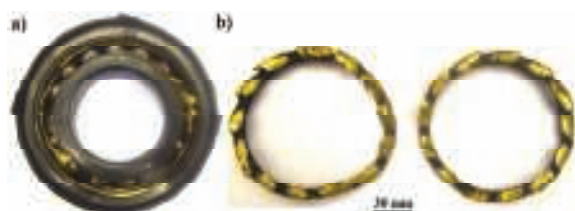
Oba badane obiekty były łożyskami kulkowymi zwykłymi jednorzędowymi z dzieloną bieżnią wewnętrzną. Ich uszkodzenia polegały na rozerwaniu separatorów na dwie części (pękanie następowało w najcieńszych miejscach gniazd kulek) oraz ich znacznej deformacji plastycznej ze śladami napierania kulek na gniazda. Bieżnie oraz kulki zostały pokryte warstwą materiału obcego, powierzchnie niepracujące zostały utlenione. Przykład łożyska dostarczonego (łożysko B) do badań pokazano na rys. 2. Łożysko B dostarczono razem z nałożoną na nie tulejką tłumiaczą, natomiast w przypadku łożyska A tulejki tłumiaczej nie dostarczono.

Pomimo dosyć zbliżonego typu uszkodzenia obydwu łożysk wykazują wyraźne różnice. Łożysko B po zablokowaniu ulegało obracaniu względem

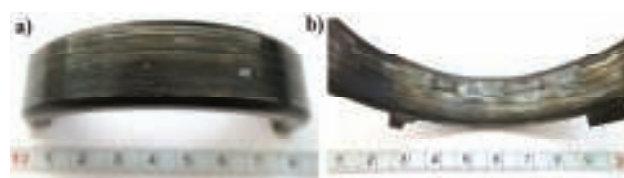
tulejki tłumiaczej, o czym świadczą obwodowe rysy na powierzchni zewnętrznej pierścienia zewnętrznego (rys. 3a) oraz obwodowe rysy i przebarwienia termiczne na wewnętrznej powierzchni tulejki tłumiaczej (rys. 3b). Takich śladów nie stwierdzono w przypadku łożyska A.

Kolejną różnicą jest wygląd warstwy materiału obcego, która została naniesiona na bieżnie zewnętrzne (rys. 4) oraz bieżnie wewnętrzne (rys. 5). W przypadku łożyska A (rys. 4a, 5a) warstwa materiału obcego ma odcień ciemnożółty, jest chropowata oraz zawiera nieciągłości odsłaniające miejscowo powierzchnie bieżni. Ponadto na bieżni zewnętrznej (rys. 4a) widoczne są zgrubienia na warstwie materiału obcego rozłożone w równomiernych odstępach odpowiadającym ułożeniu kulek. Warstwa materiału obcego naniesiona na bieżnie łożyska B (rys. 4b, 5b) jest gładka, nie zawierająca nieciągłości, ma niejednolitą barwę: miejscami jest ciemnożółta, miejscami ciemnoszara. Półpierścienie wewnętrzne zostały przez nią połączone (rys. 5b) Przy krawędziach bieżni tworzy większe wypływy w porównaniu do obserwowanych w łożysku A.

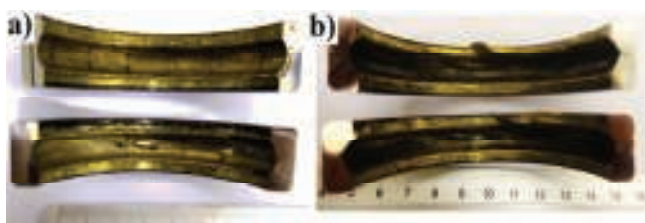
Warstwa materiału obcego została naniesiona również na powierzchnie pierścieni zewnętrznych sąsiadujących z zewnętrznymi powierzchniami centrującymi separatorów (rys. 4). W obu przypadkach jej wygląd jest zbliżony: ma jasnożółtą barwę z widocznymi rozplaszczonymi grudkami o tym samym zabarwieniu. Świadczy to razem z obwodowymi rysami na zewnętrznych powierzchniach centrujących obcieraniu separatorów w czasie pracy łożyska o pierścieniu zewnętrznym (rys. 6). Fragmenty separatora łożyska B ocenia się jako bardziej odkształcone od łożyska A ze względu na wyraźniejsze wygięcie pierścienia separatora oraz spłaszczenie zniszczonych gniazd kulek.



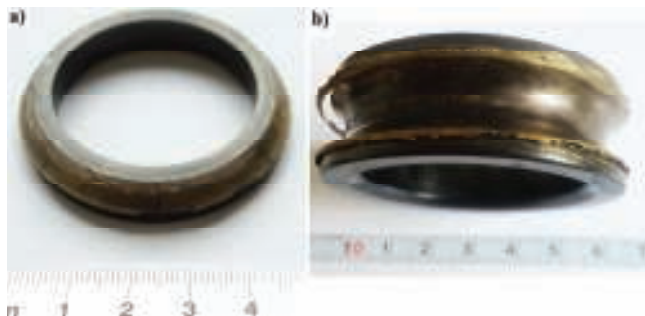
2. Łożysko B w stanie dostarczenia do badań: a) pierścień zewnętrzny, półpierścień wewnętrzny, kulki, tulejka tłumiacza; b) separator



3. a) Zewnętrzna powierzchnia pierścienia zewnętrznego łożyska B; b) powierzchnia wewnętrzna tulejki tłumiaczej drgania



4. Pierścienie zewnętrzne po przecięciu: a) łożyska A; b) łożyska B



5. a) Jeden z półpierścieni wewnętrznych łożyska A; b) połączone półpierścienie wewnętrzne łożyska B



6. Zewnętrzna powierzchnia centrująca separatora: a) łożyska A; b) łożyska B



7. a) Kulki łożyska A; b) powierzchnia jednej z kulek łożyska A; c) kulki łożyska (jedna z kulek została przecięta)

Kulki obydwu łożysk (rys. 7) mają odmienny wygląd powierzchni – kulki z łożyska A są pokryte materiałem obcym o barwie ciemno-żółtej zbliżonej do obserwowanej w przypadku bieźni, widoczne są podłużne zgrubienia materiału obcego powstałe po oderwaniu kulek od bieźni, widoczne są wykruszenia (rys. 7b), natomiast w przypadku kulek z łożyska B powierzchnia jest ciemna z licznymi śladami wytarcia (rys. 7d).

Badania struktury, twardości i składu chemicznego

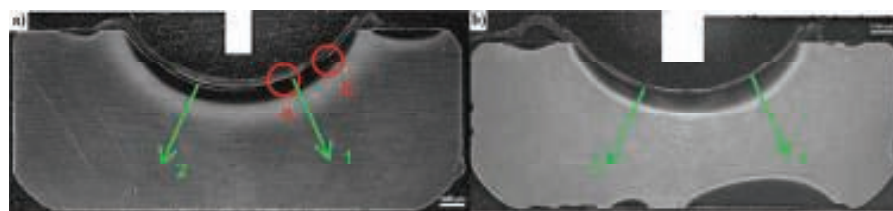
Wykonano szlify metalograficzne z próbek pobranych przekrojów poprzecznych pierścieni zewnętrznych, półpierścieni wewnętrznych oraz kulek. Wszystkie szlify trawiono roztworem 2 % kwasu azotowego w alkoholu etylowym (nital). Po badaniach metalograficznych szlify poddano badaniom twardości.

Na makroskopowych zdjęciach szlifów przekrojów pierścieni zewnętrznych obydwu łożysk (rys. 8) widoczne są strefy degradacji cieplnej (SDC) objawiających się odmiennym sposobem trawienia szlifów oraz warstwy materiału obcego. W przypadku pierścienia zewnętrznego łożyska A (rys. 8a) obserwuje się SDC w całym rejonie bieźni oraz przy krawędziach sąsiadujących z separatorem. Próbkę pierścienia zewnętrznego łożyska B wykazuje więk-

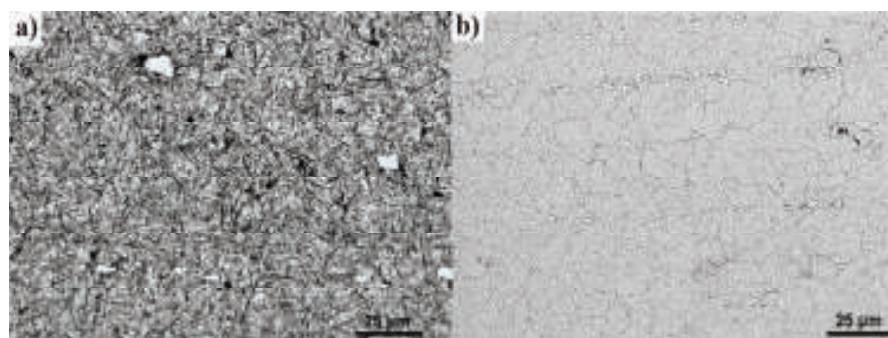
szą liczbę SDC: na jednej z powierzchni czołowych oraz na powierzchni zewnętrznej, co związane jest z obracaniem się pierścienia zewnętrznego względem tulejki tłumiącej. Należy zwrócić uwagę, że obserwowane SDC zwłaszcza w obszarze bieźni nie są symetryczne, szczególnie w przypadku pierścienia zewnętrznego łożyska B. Może być to związane z miejscem przyłożenia maksymalnych sił promieniowych.

Prawidłową mikrostrukturę stalowych części łożyska pokazano na

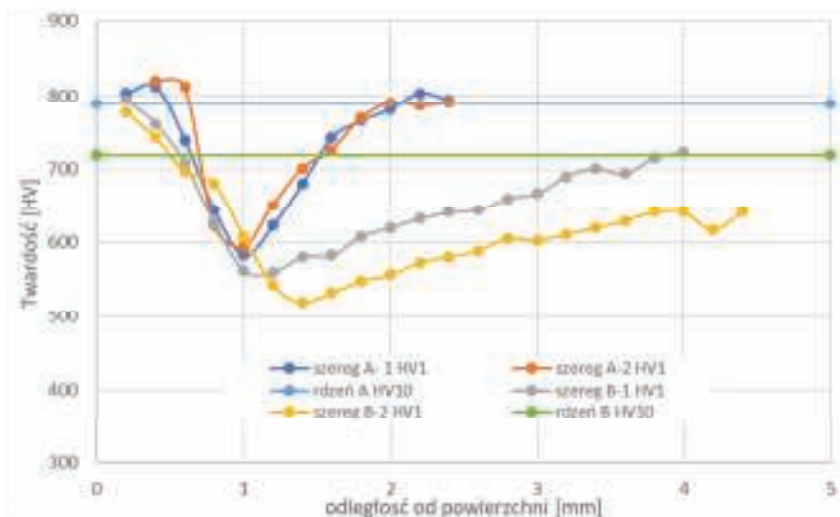
przykładzie rdzenia pierścienia zewnętrznego łożyska A (rys. 9a), którą stanowi odpuszczony martenzyt wraz z węglnikami. Zmierzona twardość wynosi 789 ± 11 HV10, natomiast wymagana twardość wynosi 694-809 HV10. Mikrostrukturę w obszarze przypowierzchniowym strefy degradacji cieplnej pokazano na rys. 9b, stanowi ją nieodpuszczony martenzyt z wydzieleniami węglików. Struktura taka powstaje wskutek wygrzania stali do temperatury austenitacji ($900-1000^\circ\text{C}$ w przypadku stali stopowych



8. Makroskopowe zdjęcie trawionego nitaliem szlifów metalograficznych przekroju poprzecznego pierścienia zewnętrznego z zaznaczeniem miejsc dalszych obserwacji oraz pomiarów twardości: a) łożyska A; b) łożyska B



9. a) Mikrostruktura rdzenia próbki pierścienia zewnętrznego – mikrostruktura prawidłowa, twardość 789 HV10, b) mikrostruktura przy powierzchni miejscu degradacji cieplnej – mikrostruktura po wtórnym zahartowaniu, twardość 769 HV1



10. Wykres zależności twardości od odległości od powierzchni pierścienia zewnętrznego łożyska A i B z uwzględnieniem twardości zmierzonych w rdzeniu próbek

Cr-W-V) i dostatecznie szybkim studzeniu. Przykładowa twardość zmierzona w takiej strefie wynosi 769 HV1 (rys. 9b).

Głębokość SDC oszacowano wykorzystując liniowe rozkłady twardości (rys. 10), za którą przyjęto odległość od krawędzi przekroju do miejsca osiągnięcia przez materiał twardości w rdzeniu. Mierzone twardości przy krawędzi przekroju w SDC zwykle mają twardość zbliżoną lub większą od twardości materiału w rdzeniu, co jak wspomniano powyżej jest związane z ponownym zahartowaniem materiału. Stopniowe obniżanie temperatury powoduje zachodzenie procesu odpuszczania tzn. wydzielaniem i rozrostem węglików. Minimalny spadek twardości obserwuje się w temperaturze 700-800°C.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że głębokość SDC zmierzona w pierścieniu zewnętrznym łożyska w zbliżonych miejscach pomiarowych jest znacznie większa w porównaniu do łożyska A. w miejscu szeregu 1 materiał nie uzyskuje twardości rdzenia ze względu na bliskość innej SDC (rys. 8b). W miejscu szeregu

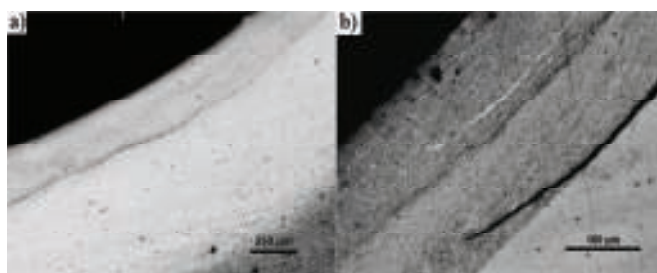
2 uzyskano ok. dwukrotnie większą SDC Twardość zmierzona w rdzeniu pierścienia zewnętrznego łożyska B (718 ± 16 HV10) jest mniejsza w porównaniu do łożyska A (789 HV10) ze względu na większy obszar zdegradowany cieplnie.

Na rys. 11 pokazano mikrostrukturę warstwy materiału obcego naniesioną na bieżnię zewnętrzną łożyska A w czterech miejscach zgodnie z oznaczeniami na rys. 8a. Warstwa ta różni się budową w zależności od miejsca występowania. W miejscu największego nacisku kulek na bieżnię zewnętrzną (rys. 11a) warstwa materiału obcego ściśle przylega do podłoża. Jest zbudowana z dwóch podwarstw – badania składu chemicznego wykazały, że dolna podwarstwa składa się z pierwiastków wchodzących w skład chemiczny stali łożyskowej (żelazo, chrom, wolfram, wanad), natomiast górna podwarstwa składa się z mieszaniny pierwiastków wchodzących zarówno w skład chemiczny stali łożyskowej oraz materiału separatora (miedź, aluminium, nikiel, żelazo, chrom, wolfram, wanad). Granica rozdziału pomiędzy podwarstwami jest słabo widoczna.

W obszarze „b” granica rozdziału jest bardziej widoczna, górna podwarstwa zawiera pory oraz cienie wtrąceń o jasnym odcieniu. Charakterystyczna jest również delaminacja. Obie podwarstwy współistnieją na całym obwodzie bieżni. Grubość warstwy mieści się w granicach: 213-342 μm . Warstwa ma minimalną grubość w obszarze ściśle przylegania (bez delaminacji).

Warstwa materiału obcego naniesiona na bieżnię zewnętrzną łożyska B (rys. 12) różni się w znacznym stopniu łożyska A. Również można wyróżnić dwie podwarstwy, jednakże współistnieją ze sobą tylko w obszarze sąsiadującym z początkiem delaminacji. W środkowej części bieżni warstwa składa się ze startych elementów stalowych łożyska (zmierzona twardość wynosi 809 ± 18 HV0,5) ponownie zahartowanych i utwardzonych zgniotem. W stronę krawędzi bieżni zaczyna się pojawiać warstwa materiału obcego składająca się z mieszaniny materiałów (zmierzona twardość wynosi 290 ± 15 HV0,5). Grubość materiału obcego mieści się w przedziale 105-196 μm , co jest znacznie mniej w porównaniu do łożyska A. Warstwa o największej grubości mieści się środkowej części bieżni.

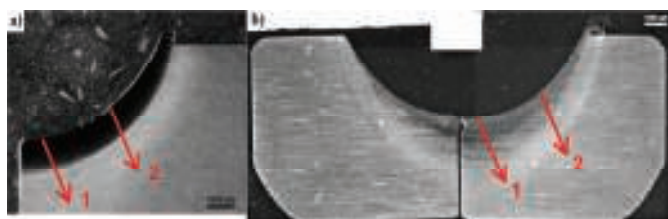
Trawienie szlifów próbek półpierścieni wewnętrznych w obydwu przypadkach ujawniło SDC. Inną cechą wspólną uszkodzeń półpierścieni jest obecność wypłytki przy krawędzi bieżni będącą efektem odkształcenia plastycznego bieżni. Na wypływkę widoczna jest również warstwa materiału obcego, będącego najprawdopodobniej mieszaniną stali i brązu z separatora. Mikrostruktury materiałów w SDC są zbliżone do zaprezentowanych na rys. 9b. W przypadku półpierścieni łożyska B nastąpiło ich trwałe połączenie przy krawędzi bieżni, które pękło w



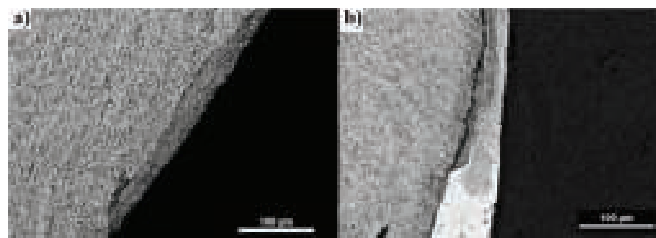
11. Mikrostruktura obszarów przy bieżni zewnętrznej łożyska A na podstawie rys. 10a: a) środek bieżni; b) dalsza część bieżni



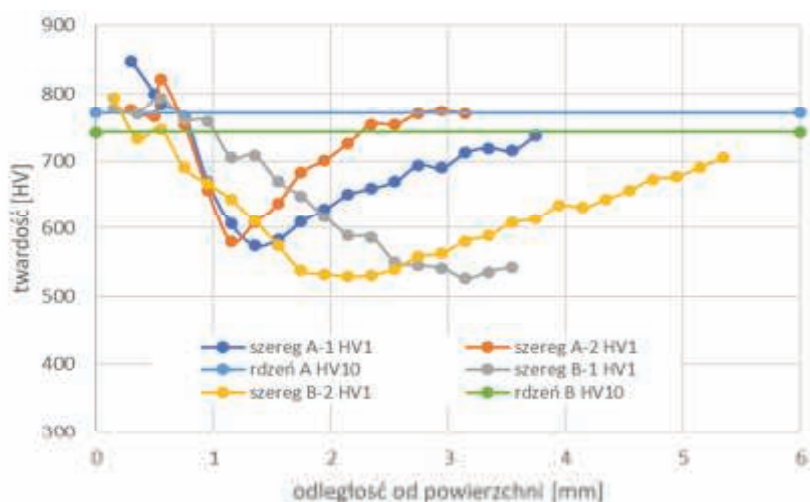
12. Mikrostruktura środkowej części bieżni zewnętrznej łożyska B, ze wskazaniem miejsca pomiaru twardości warstwy



13. Makroskopowe zdjęcie trawionego nitałem szlifu: a) półpięścienia wewnętrznego łożyska A; b) obu półpięścieni łożyska B



15. Mikrostruktura przekroju kulki (trawienie nitałem) przy krawędzi przekroju: a) łożyska A b) łożyska B



14. Wykres zależności twardości od odległości od powierzchni półpięścienia wewnętrznego łożysk A i B z uwzględnieniem twardości zmierzonych w rdzeniach próbek

czasie przecinania półpięścieni.

Głębokość SDC w półpięścieniach wewnętrznych również oszacowano na podstawie liniowych rozkładów twardości (rys. 14). Miejsca ich wykonania wskazano na rys. 13. Szeregi pomiarowe „1” były wykonane na wskroś przekroju poprzecznego próbek, co świadczy o przegrzaniu na wskroś obydwu półpięścieni, jednakże w przypadku łożyska A krzywa twardości dąży do wartości zmierzonej w rdzeniu (770 ± 7 HV10), natomiast zależność dla łożyska B jest w przybliżeniu malejąca na całym odcinku pomiarowym (twardość materiału w rdzeniu: 742 ± 20 HV10). W szeregu pomiarowym „2” łożyska B również nastąpiło przegrzanie materiału na wskroś, w przypadku łożyska głębokość SDC wynosi ok. 2,7 mm.

Mikrostruktury rdzeni kulek łożyska A i B odpowiadają mikrostrukturze przedstawionej na rys. 9b, natomiast mikrostruktury stref przypowierzchniowych przedstawiono na rys. 15. W obydwu przypadkach stwierdzono wtórne zahartowanie kulek na wskroś. Przy krawędziach przekrojów widoczne są wytarcia oraz materiał oby, który uległ przyczepieniu do powierzchni kulek.

Mechanizm powstawania uszkodzeń

Na podstawie przytoczonych powyżej wyników badań materiałowych można przedstawić następujący mechanizm zniszczenia obu łożysk w czasie wstrzymania dopływu oleju:

- ścieranie elementów stalowych łożysk, nawalcowywanie opiłków na współpracujące elementy, wzrost oporów ruchu oraz zwiększanie temperatury łożyska do temperatury austenitizacji ($900-1000^\circ\text{C}$);
- napieranie kulek na gniazda separatora podatnego na odkształcanie w wysokiej temperaturze, ścieranie gniazd, mieszanie opiłków brązu z opiłkami stalowymi;
- w przypadku łożyska B po zniszczeniu separatora nastąpiło zablokowanie łożyska oraz jego obracanie w tulejce tłumiącej.

Łożysko B uznano za bardziej zniszczone ze względu na większą powierzchnię SDC, zwłaszcza w pierścieniu zewnętrznym, połączenie obydwu półpięścieni wewnętrznych i bardziej zdeformowanych fragmentów separatora.

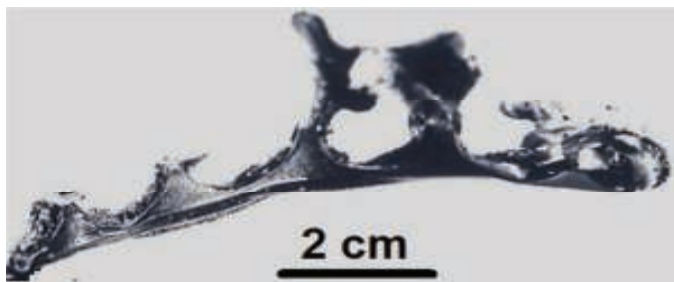
Wcześniejsze badania

Przypadek łożyska z silnika lekkiego śmigłowca, w którym separator również uległ rozerwaniu, a przyczyną awarii było niedostateczne smarowanie łożyska stwierdzono w 1984 [5]. Jednakże separator w przeciwieństwie do wcześniej omawianych przypadków został rozerwany na więcej kawałków, z czego największy pokazano na rys. 16. Kulki zostały w znacznej mierze starte, półpięścień wewnętrzny zniekształcony, na parę trące naniósł materiał obcy pochodzący ze startych opiłków.

Obserwacje trawionych szlifów półpięścieni wewnętrznych (rys. 17) ujawniły obecność SDC (obszary nie-trawiące się), znacznie większe od przypadków z lat 2016 i 2017. SDC w jednym półpięścieniu prawie całą próbkę, sam półpięścień jest wyraźnie zniekształcony i posiada wypływkę przy krawędzi bieżni. Obserwacje mikrostruktury półpięścienia w obszarze „I” (rys. 18a) oraz kulki (rys. 18b) ujawniły obecność mikropęknięć. Mikrostruktura bieżni zewnętrznej przypominała przedstawioną na rys. 11a. Twardości materiałów i ich mikrostruktury wykonane w miejscach niezniszczonych spełniały wymagania techniczne.

Znaczne odkształcenia półpięścieni, kulek, zniszczenie separatora oraz obecność mikropęknięć wewnątrz półpięścienia i kulki wskazują na zniszczenie łożyska w wysokiej temperaturze i przy znacznym wzroście obciążeń.

W historii badań omawianego typu łożysk prowadzonych w ITWL zdarzały się przypadki awarii, których cechą było uszkodzanie separatora bez jego fragmentacji. Zdarzenie tego typu zbadano w roku 1979 [6]. Uszkodzenie polegało na znaczącym odkształceniu i starciu kulek, naniesieniu na bieżnię zewnętrzną materiału kulek oraz zapie-



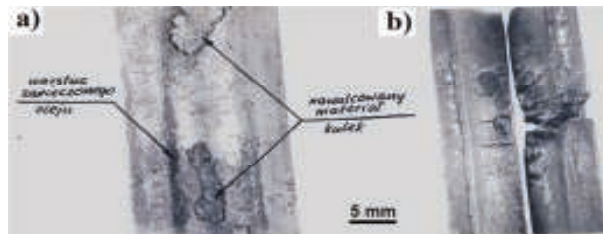
16. Elementy uszkodzonego łożyska badanego w 1984r. z zaznaczeniem miejsc pobierania próbek metalograficznych [5]



17. Szlify przekrojów poprzecznych próbek półpiersi wewnątrz trawione nitem z zaznaczeniem miejsca obserwacji pod większym powiększeniem [5]



18. a) Mikrostruktura szlify przekroju w obszarze zaznaczonym na rys. 17; b) Mikrostruktura szlify przekroju kulki [5]



19. a) Powierzchnia bieżni zewnętrznej, b) Powierzchnia bieżni wewnętrznej [6]

kaniu na niej oleju (rys. 19a), deformacji plastycznej półpiersi wewnątrz (rys. 19b) i ich pękaniu. Separator nosił ślady wytarcia na wewnętrznej powierzchni centrującej.

Rys. 20 przedstawia makroskopowe zdjęcia szlifów przekrojów poprzecznych stalowych części łożyska. Szlify trawiono nitem. Pierścień zewnętrzny wykazuje stosunkowo niewielką strefę degradacji termicznej (znacznie większe stwierdzono w przypadkach lat 2016 i 2017) z warstwą materiału kulek naniesioną w środkowej części bieżni. Szlify kulek oraz półpiersi były odporne na czynnik trawiący, co świadczy o przegrzaniu tych elementów na wskroś. Ponadto na jednym z półpiersi widoczna jest wypływka materiału przy krawędzi bieżni zbliżona do omawianych powyżej przypad-

ków. Badania mikrostruktury oraz twardości pierścienia zewnętrznego poza SDC nie budzą zastrzeżeń. W przypadku półpiersi wewnątrz oraz kulek stwierdzono obecność struktury nieodpuszczonego martenzytu, a zatem powtórne zahartowanie materiałów. Ślad zapieczonego oleju na bieżni zewnętrznej świadczy o niewystarczającym dopływie oleju do łożyska

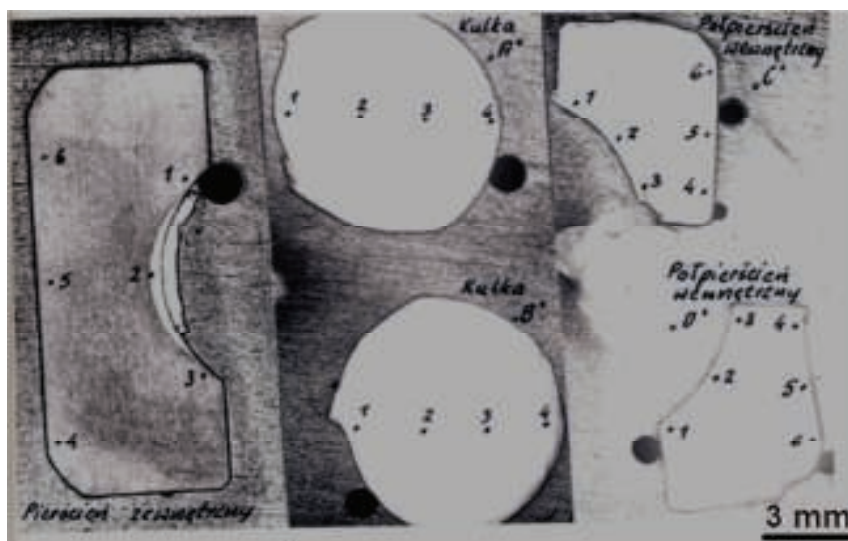
Podsumowanie

Brak dopływu oleju do łożyska lub dostarczanie go w nieodpowiedniej ilości doprowadza do uszkodzenia łożyska w sposób uzależniony od występujących temperatur, obciążeń mechanicznych oraz czasu działania niesprzyjających warunków. Omawiane przypadki awarii łożysk

różniły się stopniem ścierania elementów współpracujących z sobą, sposobem uszkodzenia separatora, strukturą oraz składem chemicznym warstw materiałów obcych nanoszonych na współpracujące z sobą elementy, strukturami i właściwościami materiałów. Cechami wspólnymi omawianych przypadków było przegrzewanie na wskroś elementów tocznych (ponowne hartowanie), przegrzewanie na wskroś przynajmniej części materiału półpiersi wewnętrznego, odkształcanie plastyczne krawędzi jednego półpiersi wewnętrznego w obszarze bieżni, nanoszenie materiału obcego na bieżnię pierścienia zewnętrznego. ◀

Materiały źródłowe

- [1] H.K.D.H. Bhadeshia, Steels for bearings, Progress in Materials Science 57, 2012 268–435.
- [2] J. Lisiecki, Opracowanie ITWL – materiały niepublikowane, 1995.
- [3] A. Dudziński, K. Łęczycki, Opracowanie ITWL – materiały niepublikowane, 2016.
- [4] A. Dudziński, K. Łęczycki, Opracowanie ITWL – materiały niepublikowane, 2017.
- [5] H. Tomaszewski, Opracowanie ITWL – materiały niepublikowane, 1984.
- [6] A. Bonicki, Opracowanie ITWL – materiały niepublikowane, 1979.



20. Makroskopowe zdjęcia trawionych nitem szlifów poprzecznych pierścienia zewnętrznego, kulki i półpiersi wewnątrz z zaznaczeniem miejsc pomiarów twardości [6]

Wybrane problemy materiałowych badań uszkodzeń tarcz sprężarkowych wykonanych ze stopu tytanu

Selected problems of material testing of damaged compressor disks made of titanium alloys



Anna Krupińska

Mgr inż.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

anna.krupinska@itwl.pl;

Streszczenie: Realizacja materiałowych badań uszkodzeń elementów konstrukcji lotniczych niejednokrotnie wiąże się z rozpatrywaniem analogicznych problemów dotyczących określonych elementów konstrukcji. W artykule omówiono dwa podobne przypadki uszkodzenia tarcz sprężarkowych wykonanych ze stopu tytanu. W treści artykułu przedstawiono badane elementy oraz opisano charakter ich uszkodzeń. Ponadto, omówiono zastosowane metody badawcze oraz sposób realizacji badań. Zawarta w artykule analiza wyników badań prowadzi do określenia przyczyn powstania uszkodzeń badanych elementów.

Słowa kluczowe: *Badania materiałowe; Uszkodzenia; Tarcze sprężarkowe; Stopy tytanu*

Abstract: In many cases, performing material tests of damages in aviation structure elements requires analysing similar problems in specific construction elements. This article describes two similar cases of damages in compressor disks made of titanium alloys. In the article examined elements are presented, as well as nature of their damages. Moreover, the article discusses applied test methods and how tests were performed. Included in the article test results analysis leads to identification of the causes of the damages.

Keywords: *Material testing; Damages; Compressor blades; Titanium alloys*

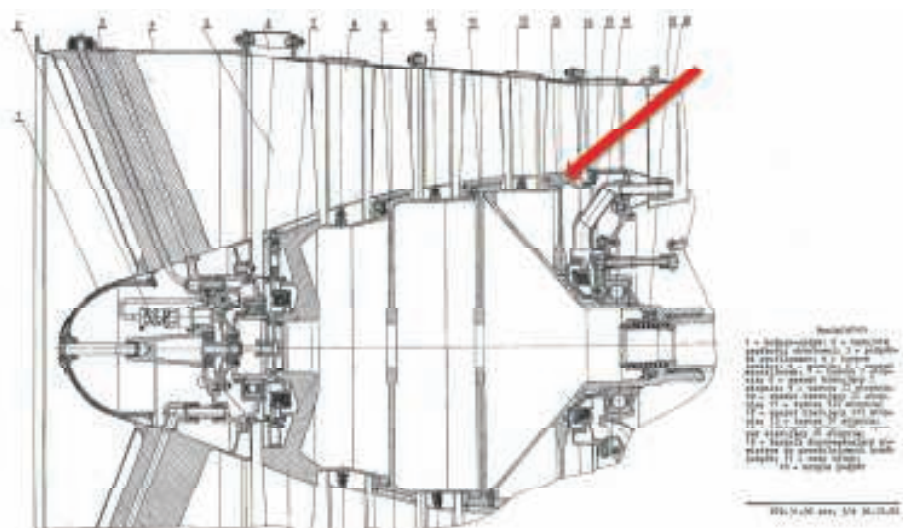
Każdy uszkodzony podczas eksploatacji element konstrukcji lotniczych (statków powietrznych lub naziemnego sprzętu niezbędnego do ich eksploatacji) podlega badaniom, mającym na celu ustalenie przyczyny powstania tego uszkodzenia. Związane jest to przede wszystkim z koniecznością utrzymania sprawności techniki lotniczej oraz koniecznością zapewnienia bezpieczeństwa lotów. Analiza wyników tych badań pozwala określić, czy badane uszkodzenie ma charakter przypadkowy, jednorazowy czy istnieją czynniki mogące przyczynić się do powstawania podobnych uszkodzeń podczas eksploatacji analogicznych elementów konstrukcji lotniczych. Realizując materiałowe badania tych elementów niejednokrotnie analizuje się przyczyny postania podobnych uszkodzeń tożsamyh elementów. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań dwóch przypadków analogicznego uszkodzenia tarcz

sprężarkowych wykonanych ze stopu tytanu.

Przedmiot badań – tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia

Na ilustracji 1 pokazano schemat budowy sprężarki niskiego ciśnienia

(wentylatora) silnika RD-33, na którym strzałką zaznaczono tarczę IV stopnia. Jak już wcześniej wspomniano w niniejszym artykule zostaną przedstawione wyniki badań dwóch przypadków uszkodzenia tarczy IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia silników RD-33. Z analizowanej dokumentacji



1. Schemat budowy sprężarki niskiego ciśnienia (wentylatora) silnika RD-33 z zaznaczoną tarczą IV stopnia

[1], [2] wynika, że na silnikach RD-33 montowane były trzy typy wirników (części składowych) wentylatora. W każdym z nich Producent zastosował inne rozwiązania konstrukcyjne. W przypadku obu wentylatorów, których tarcze IV stopnia uległy uszkodzeniom zamontowane były wirniki typu II-go. Zgodnie z dokumentacją techniczną [2] całkowity resurs godzinowy zespołu wentylatora typu II jest nie mniejszy niż 1200 h. Na podstawie metryk omawianych wentylatorów stwierdzono, że posiadają one zwiększone rezerwy godzinowe z 1200 h do 1600 h – zmiany dokonano w Zakładach Producenta silnika. Uszkodzenie omawianych tarcz nastąpiło odpowiednio po 1323 i niecałych 1325 godzinach pracy. W celach porządkowych oznaczono przypadki uszkodzenia tarczy IV stopnia wentylatora jako: „1” i „2”, zgodnie z chronologią wystąpienia uszkodzenia. Pełen opis badań wszystkich uszkodzonych elementów silników RD-33, na których pracowały opisywane tarcze IV stopnia, przedstawiono w Protokołach Pracowni Materiałoznawstwa Lotniczego Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych nr 1/36/2014 i 2/36/2014.

Wyniki badań makroskopowych - identyfikacja uszkodzeń tarcz IV stopnia sprężarek niskiego ciśnienia

Badania makroskopowe przeprowadzono okiem nie uzbrojonym, a ich wyniki zarejestrowano za pomocą aparatu fotograficznego CANON Power Shot G5 nr 6934113437 oraz za

pomocą mikroskopu stereoskopowego Nikon SMZ 800 nr 1015651. Stosowana w opracowaniu numeracja gniazd łopatek obu tarcz IV stopnia sprężarki została wprowadzona podczas komisyjnych demontaży obu silników. Na ilustracji 2 pokazano wirnik wentylatora silnika RD-33 z uszkodzoną tarczą IV stopnia, oznaczoną jako „1” w stanie dostarczenia do badań. Natomiast ilustracja 3 przedstawia tarczę IV stopnia wentylatora silnika RD-33 stopnia, oznaczoną jako „2” również w stanie dostarczenia do badań. Szczegółowe wyniki tych badań zamieszczono w Tabeli 1.

Głównym uszkodzeniem obu badanych tarcz IV stopnia wirnika wentylatora silników RD-33 były pęknięcia tarcz w gnieździe łopatki nr 4, w przypadku tarczy oznaczonej jako „1” i gnieździe łopatki nr 26, w przypadku tarczy oznaczonej jako „2”. Są to pęknięcia na wskroś. Pęknięcie tarczy oznaczonej jako „1” propagowało wzdłuż promienia tarczy od strony krawędzi natarcia i krawędzi spływu, a tarczy „2” wzdłuż promienia tarczy od strony wlotu powietrza i od strony sprężarki wysokiego ciśnienia. W wyniku badań makroskopowych, badań przeprowadzonych metodą tomografii komputerowej (wykonane w Zakładzie Silników Lotniczych Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych) oraz badań nieniszczących, przeprowadzonych metodą wizualną, metodą penetracyjną oraz metodą prądów wiro-
wych (wykonane w Pracowni Badań Nieniszczących Zakładu Zdatości do Lotów Statków Powietrznych Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych)

określono wymiary pęknięcia tarczy „1” na: długość 38 mm, a rozwarcie 0,8 mm, a tarczy „2” na: długość 35 mm, rozwarcie około 1 mm. Poza tym, w wyniku wyżej wymienionych badań nie stwierdzono występowania zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych defektów tarcz mogących zainicjować omawiane pęknięcia. W gnieździe łopatki nr 4, gdzie występuje pęknięcie tarczy „1” odnotowano brak łopatki roboczej. Na krawędzi zamka tarczy IV stopnia w gnieździe łopatki nr 4, w jego górnej części zaobserwowano dwa wykruszenia, ubytki materiału tarczy, które powstały od strony grzbietu łopatki. Długości wykruszeń wynoszą odpowiednio: 14 mm i 4,5 mm. Wykruszenia powstały prawdopodobnie w wyniku uderzeń o powierzchnię zamka luźnej (na skutek pęknięcia tarczy) łopatki nr 4.

Ponadto, w wyniku przeprowadzonych badań makroskopowych i defektoskopowych, w przypadku tarczy „1”, w rejonach gniazd łopatek od strony koryt łopatek wykryto 14 pęknięć o wymiarach odpowiednio od 2,5 do 8 mm i zidentyfikowano 2 rejony wskazań uszkodzeń. Natomiast w przypadku tarczy „2” wykryto 26 pęknięć o wymiarach odpowiednio od 1,5 do 8 mm. Trzy z nich, pęknięcia w gniazdach łopatek nr 1, 19 i 24 są pęknięciami na wskroś.

Makroskopowe badania fraktograficzne

Badania fraktograficzne przeprowadzono okiem nie uzbrojonym, a ich wyniki zarejestrowano za pomocą



pow. 0,17 x

2. Wirnik wentylatora silnika RD-33 z uszkodzoną tarczą IV stopnia oznaczoną jako „1” w stanie dostarczenia do badań, na rysunku zaznaczono widoczne pęknięcie tarczy IV stopnia



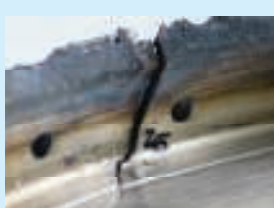
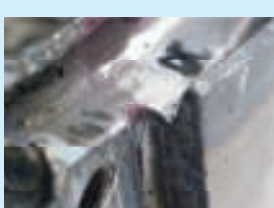
pow. 0,22 x

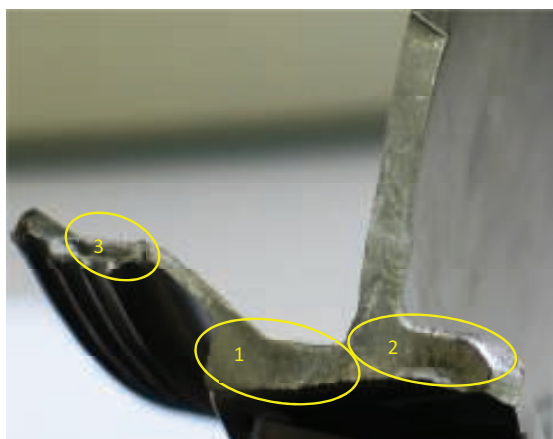
3. Tarcza IV stopnia wentylatora silnika RD-33 stopnia oznaczona jako „2” w stanie dostarczenia do badań

aparatu fotograficznego CANON Power Shot G5 nr 6934113437 oraz za pomocą mikroskopu stereoskopowego Nikon SMZ 800 nr 1015651. W przypadku tarczy „1” badaniom poddano dwa złomy pęknięć tarczy IV stopnia wirnika wentylatora: pęknięcia z gniazda łopatki nr 4 i pęknięcia z gniazda łopatki nr 5 (losowo wybrany spośród 14 pęknięć wykrytych w badaniach makroskopowych i badaniach nieniszczących). W przypadku tarczy „2” badaniom poddano pięć złomów pęknięć tarczy: pęknięcia z gniazda łopatki nr 26, 24, 29, 30 i 31 pęknięcia z gniazda łopatki nr 5 (losowo wybrany spośród 14 pęknięć wykrytych w badaniach makroskopowych i badaniach nieniszczących).

Na rysunku 4 przedstawiono makrobudowę złomu tarczy IV stopnia w gnieździe łopatki nr 4 w rejonie oznaczonym jako „1”. W trakcie przeprowadzonych badań stwierdzono występowanie trzech stref złomu o charakterystycznej budowie i barwie. Pierwsza z nich to rejon o charakterystycznym kształcie muszli przy zewnętrznej powierzchni tarczy – strefa przyogniskowa. Powierzchnia złomu w tej strefie ma barwę złoto-żółtą. Druga, to strefa wzrostu pęknięcia charakteryzująca się niewielką chropowatością powierzchni i jej szarą barwą. Budowa złomu w obu wyżej wymienionych strefach wykazuje makroskopowe cechy pęknięcia zmęczeniowego. Trzecia ze stref to dołom (strefa o największej chropowatości powierzchni). Zmiana barwy w strefie przyogniskowej tego rejonu - „1” złomu tarczy „1” w gnieździe łopatki nr 4 oraz budowa tego rejonu złomu sugerują, że ten fragment złomu powstał wcześniej od pozostałych, w obrębie których zmian barwy nie zaobserwowano. Ilustracja 5 przedstawia makrobudowę złomu tarczy IV stopnia oznaczonej jako „2” w gnieździe łopatki nr 26”. W trakcie przeprowadzonych badań stwierdzono występowanie trzech stref złomu o charakterystycznej budowie. Pierwsza z nich to rejon o charakterystycznym kształcie muszli przy zewnętrznej powierzchni kołnierza tarczy – strefa przyogniskowa. Druga, to strefa wzro-

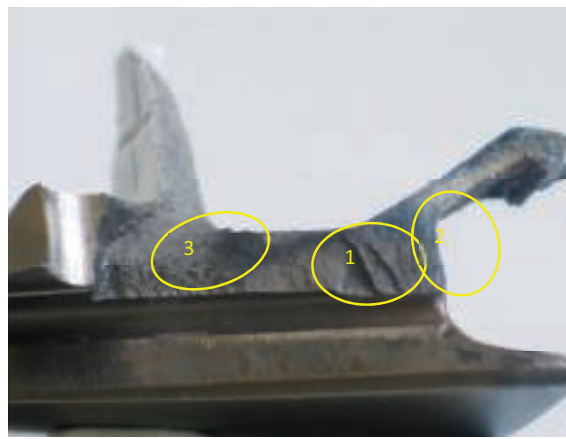
Tab. 1. Makroskopowy opis stanu obu badanych tarcz IV stopnia wentylatora silników RD-33

Element	Opis stanu badanego elementu	Zdjęcie
Tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia. Rejon gniazda łopatki nr 4. Widok od strony wlotu powietrza.	Pęknięcie tarczy na wskroś, biegnące na długości ok. 35 mm (licząc od kołnierza tarczy), propagujące od gniazda łopatki nr 4 wzdłuż promienia tarczy od strony krawędzi natarcia i krawędzi spływu łopatek. Pow. 2,3 x.	
Tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia oznaczona jako „1”. Rejon gniazda łopatki nr 4. Widok od zewnętrznej strony wirnika.	Pęknięcie tarczy z przesunięciem biegnące przez całą grubość kołnierza tarczy, propagujące od gniazda łopatki nr 4 wzdłuż promienia tarczy od strony krawędzi natarcia i spływu. Rozwarcie pęknięcia na krawędzi tarczy wynosi około 1 mm. Pow. 0,6 x.	
Tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia oznaczona jako „1”. Rejon gniazda łopatki nr 5. Widok od strony sprężarki wysokiego ciśnienia po wycięciu fragmentu tarczy.	Pęknięcie tarczy na promieniu gniazda łopatki nr 5, powstałe od strony koryta łopatki. Pęknięcie biegnie na powierzchni tarczy od strony sprężarki oraz na jej powierzchni bocznej (w gnieździe łopatki). Pęknięcie ma długość 5 mm licząc od krawędzi tarczy. Podczas komisijnego demontażu zidentyfikowano istnienie 14 takich pęknięć (o długości od 1,5 do 7 mm), a ich weryfikacja przeprowadzona zostanie podczas badań nieniszczących. Pow. 1,8 x.	
Tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia oznaczona jako „2”. Rejon gniazda łopatki nr 26. Widok od strony sprężarki wysokiego ciśnienia.	Pęknięcie tarczy na wskroś, biegnące na długości ok. 35 mm (licząc od kołnierza tarczy), propagujące od gniazda łopatki nr 26 wzdłuż promienia tarczy, od strony koryta łopatki. Widok po usunięciu zgorzeliny. Pow. 2 x.	
Tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia oznaczona jako „2”. Rejon gniazda łopatek nr 24, 25 i 26. Widok od zewnętrznej strony wirnika.	Na zewnętrznych powierzchniach gniazd łopatek IV stopnia, przy ich górnych krawędziach obserwuje się zmiany barwy materiału gniazd od żółtej przez złotą, fioletową do granatowej będące wynikiem działania wysokiej temperatury, poza tym na około 2/3 z nich obserwuje się występowanie zgorzeliny. Pow. 1,4 x.	
Tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia oznaczona jako „2”. Widok od zewnętrznej strony wirnika.	Na pierścieniu tarczy IV stopnia obserwuje się silne deformacje kształtu. Na obwodzie pierścienia, na długość 10 gniazd łopatek (od gniazda nr 18 do 28) rant tarczy uległ odgięciu. Poza tym widoczne są znaczne ubytki jego materiału. Na powierzchni pierścienia od strony sprężarki wysokiego ciśnienia obserwuje się występowanie bardzo dużej ilości zgorzeliny – pokrywa ona około 80 % powierzchni pierścienia. Pow. 1,1 x	
Tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia oznaczona jako „2”. Rejon gniazda łopatki nr 19. Widok od strony sprężarki wysokiego ciśnienia (od wewnętrznej strony wirnika), po wycięciu fragmentu tarczy.	Pęknięcie tarczy na promieniu gniazda łopatki nr 19, powstałe od strony koryta łopatki. Pęknięcie biegnie od strony sprężarki wysokiego ciśnienia oraz na jej powierzchni bocznej (w gnieździe łopatki). Pęknięcie ma długość 9 mm licząc od krawędzi tarczy i jest pęknięciem na wskroś. Pow. 5,5 x.	
Tarcza IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia oznaczona jako „2”. Rejon gniazda łopatki nr 29. Widok od strony sprężarki wysokiego ciśnienia po wycięciu fragmentu tarczy.	Pęknięcie tarczy na promieniu gniazda łopatki nr 29, powstałe od strony koryta łopatki. Pęknięcie biegnie na powierzchni tarczy od strony sprężarki oraz na jej powierzchni bocznej (w gnieździe łopatki). Pęknięcie zaobserwowano po oczyszczeniu tarczy ze zgorzeliny, w trakcie przygotowywania tarczy do badań nieniszczących, tak jak 22 podobne pęknięcia (o orientacyjnej długości od 1,5 do 10 mm). Ich weryfikacja przeprowadzona zostanie podczas badań nieniszczących. Pow. 2,5 x.	



pow. 2,8 x

4. Makrobudowa złomu tarczy IV stopnia oznaczonej jako „1” w gnieździe łopatki nr 4 z zaznaczonymi charakterystycznymi obszarami złomu opis w tekście



pow. 2,8 x

5. Makrobudowa złomu tarczy IV stopnia oznaczonej jako „2” w gnieździe łopatki nr 26 z zaznaczonymi charakterystycznymi obszarami złomu opis w tekście

stu pęknięcia charakteryzująca się niewielką chropowatością powierzchni. Budowa złomu w obu wyżej wymienionych strefach wykazuje makroskopowe cechy pęknięcia zmęczeniowego. Trzecia ze stref to dołom (strefa o największej chropowatości powierzchni).

Źródłem obciążeń tarczy IV stopnia wirnika wentylatora silników RD-33 w omawianym rejonie są naprężenia obwodowe wynikające ze sposobu montażu tarczy („na wcisk”) i drgania łopatki w gnieździe tarczy. Poza tym opisywany obszar jest rejonem dna karbu. W wyniku przeprowadzonych badań ocenia się, że ogniska zmęczenia w rejonach złomów oznaczonych jako „1” były miejscami inicjacji pęknięcia obu omawianych tarcz IV stopnia w gnieździe łopatki nr 4 dla tarczy „1” i gnieździe łopatki 26 dla tarczy „2”. Pęknięcia omawianych tarcz IV stopnia wirników wentylatorów zapoczątkowało proces niszczenia silników RD-

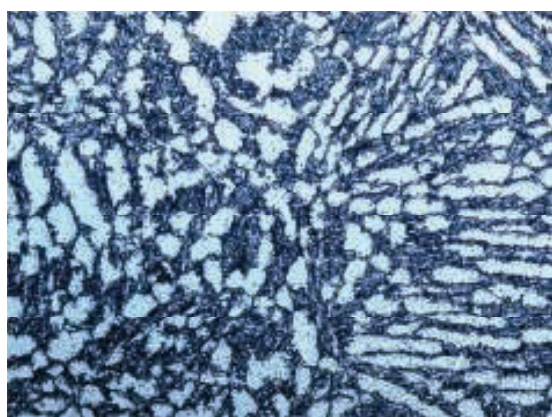
33, na których pracowały.

Makrobudowa złomu tarczy „1” w gnieździe łopatki nr 5 nie wykazywała cech pęknięcia zmęczeniowego. Jednak wyniki elektronomikroskopowych badań mikrobudowy złomu (wykonane w Laboratorium Materiałowych Badań Konstrukcji Lotniczych akredytowanym w Polskim Centrum Akredytacji - certyfikat nr AB-431) przeprowadzone w celu określenia mechanizmów pęknięcia obu badanych tarcz IV stopnia wykazały, że było ono pęknięciem zmęczeniowym. W przypadku tarczy „2” badaniom poddano budowę złomu tarczy z gniazda łopatki nr 29. Badaniom poddano dwie strefy złomu o charakterystycznej budowie: strefę występowania uskoków oraz strefę dołomu. Wyniki analizy przeprowadzonych badań elektronomikroskopowych potwierdzają zmęczeniowy charakter 1/10 złomu. Mikrobudowa złomu wskazuje na propagację pęk-

nięcia pod wpływem cyklicznych obciążeń o względnie wysokiej częstotliwości i niewielkiej amplitudzie – wibracje.

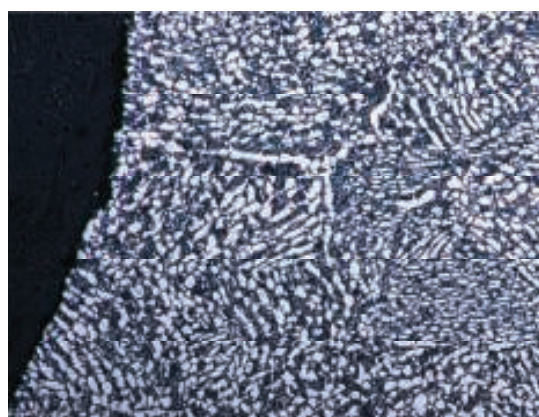
Badania metalograficzne

W celu oceny jakości i weryfikacji materiałów obu badanych tarcz IV sprężarki niskiego ciśnienia oraz weryfikacji wyników wykonanych badań makroskopowych wykonano badania metalograficzne. Badania wykonano za pomocą mikroskopu metalograficznego Nikon Eclipse MA 200 nr 730042. Obserwację struktury prowadzono na przygotowanych do tego celu, trawionych szlifach metalograficznych. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że struktura materiału obu badanych tarcz IV stopnia wirnika wentylatora w rdzeniu, to dwufazowa, ukierunkowana struktura $\alpha + \beta$ płytkowa i globularno-płytkowa o różnym



pow. 540 x

6. Trawiony szlif 1/36/14-2 – przekrój osiowy przez tarczę IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia oznaczoną jako „1”, z dala od miejsc inicjacji pęknięcia i zaobserwowanych uszkodzeń. Obraz mikrostruktury materiału, charakterystyczny dla obu badanych tarcz dla obszarów położonych z dala od uszkodzeń.



b) pow. 280 x

7. Trawiony szlif 1/36/14-5 – przekrój prostopadły do powierzchni złomu w rejonie oznaczonym jako „1”, w gnieździe nr 4 tarczy „1”. Obraz mikrostruktury w strefie przyłomowej charakterystyczny dla obu badanych tarcz

stopniu dyspersji płytek fazy α (patrz rys. 6). Tarcze IV stopnia wirnika wentylatora wykonane są z dwufazowego stopu tytanu WT9, należącego do grupy martenzytycznych stopów tytanu $\alpha + \beta$. Stop WT9 to żarowytrzymały stop przeznaczony do obróbki plastycznej, oparty na układzie Ti-Al-Mo-Zr-Si [4]. Struktura przedstawiona na ilustracji 6 jest odpowiednia dla stopu tytanu WT9.

Na rysunku 7 pokazano strukturę materiału tarczy IV oznaczonej jako „1” w gnieździe łopatki nr 4, w rejonie złomu tarczy oznaczonym jako „1”, w strefie przyłomowej, przy krawędzi próbki. Podczas badań nie stwierdzono żadnych wad ani niejednorodności strukturalnych mogących przyczynić się do niszczenia tarczy. W przypadku tarczy „2” również nie zaobserwowano występowania wad i niejednorodności strukturalnych materiału w gnieździe łopatki nr 26, w rejonie złomu tarczy.

Pomiary twardości

Na trawionych i nie trawionych szlifach wykonano pomiary twardości jako uzupełnienie badań mikrostruktury w celu weryfikacji materiału obu tarcz IV stopnia. Pomiary twardości wykonano w Laboratorium Materiałowych Badań Konstrukcji Lotniczych akredytowanym przez Polskie Centrum Akredytacji (nr certyfikatu akredytacyjnego: AB 431).

Tarcze IV stopnia wirnika wentylatora wykonane są ze stopu tytanu WT9. W wyniku przeprowadzonych pomiarów twardości nie stwierdzono znaczących różnic twardości w rdzeniach badanych przekrojów obu tarcz. Średnia twardość materiału tarczy „1” w rdzeniu wynosi 358 ± 9 HV 10, co w orientacyjnym przeliczeniu odpowiada wytrzymałości na rozciąganie - R_m od 1130 do 1200 MPa [3]. Natomiast tarczy „2” wynosi 350 ± 5 HV 10, co w orientacyjnym przeliczeniu odpowiada wytrzymałości R_m od 1130 do 1150 MPa [3]. Zgodnie z wymaganiem podanymi w literaturze [4] wytrzymałość na rozciąganie dla stopu tytanu WT9 po obróbce cieplno-

-mechanicznej powinna wynosić R_m minimum 1100 MPa, co oznacza, że właściwości materiału badanej tarczy są zgodne z danymi literaturowymi. W strefach przyłomowych, przy krawędziach próbek średnia twardość materiału tarczy „1” wzrasta do 391 ± 12 HV 0,2 (poza próbką 1/36/14-4 – przekrój prostopadły do powierzchni złomu w rejonie oznaczonym jako „2”, w gnieździe nr 4 tarczy IV stopnia sprężarki niskiego ciśnienia, gdzie nie odnotowano wzrostu twardości materiału w strefie przyłomowej. Średnia wartość twardości dla tej próbki wynosi 345 ± 6 HV 0,2). Natomiast dla tarczy „2” wzrasta do 375 ± 10 HV 0,2. Obserwowany, niewielki wzrost twardości materiału w strefach przyłomowych jest naturalnym, nie budzącym zastrzeżeń zjawiskiem.

Podsumowanie wyników badań

Pierwotnym uszkodzeniem obu badanych tarcz IV stopnia wirników wentylatorów silników RD-33 było ich zmęczeniowe pękanie, zainicjowane w rejonie gniazda łopatki nr 4 w przypadku tarczy oznaczonej jako „1” i w rejonie gniazda łopatki nr 26 w przypadku tarczy oznaczonej jako „2”

Wszystkie pozostałe uszkodzenia badanych tarcz mają charakter wtórny.

Nie stwierdzono obecności wad materiałowych ani niejednorodności struktury i własności materiału, które mogłyby sprzyjać inicjacji i rozwojowi pęknięcia zmęczeniowego badanych tarcz.

Uszkodzenie tarczy „1” nastąpiło po 1323 godzinach pracy silnika, natomiast tarczy „2” po niecałych 1325. Ocenia się, że prawdopodobnie obie tarcze całkowicie wyczerpały zapas trwałości zmęczeniowej. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Dokumentacja 88-TR-12 „Demontaż, remont i montaż wirnika wentylatora”.
- [2] Dokumentacja techniczna nr TT-285 „Instrukcja resursów zespołów i silnika RD 33”.

[3] Mały Poradnik Mechanika, tom 1, Nauki Matematyczno-Fizyczne, Materiałoznawstwo, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994 r.

[4] Bylica A., Sieniawski J., Tytan i jego stopy, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1985 r.

W Zabrzu chcą zbudować centrum przesiadkowe, ale gotowej koncepcji jeszcze nie ma

Arkadiusz Nauka, Dziennik Zachodni, 4.07.2018

Dzisiaj, 3 lipca w Urzędzie Miejskim w Zabrzu władze miasta podpisały umowę z firmą AnArchi Group na utworzenie koncepcji centrum przesiadkowego. Spółka, która jest autorem koncepcji na podobne centra w Gliwicach i Bytomiu ma 24 miesiące na to, aby wymyślić, w jaki sposób usprawnić transport publiczny na terenie miasta (...).

Rusza budowa centrum przesiadkowego w Brynowie. Będą duże zmiany w ruchu

Iłota, Dziennik Zachodni, 5.08.2018

W poniedziałek, 6 sierpnia, rozpoczną się zasadnicze prace na budowie centrum przesiadkowego w Brynowie. Wykonawca przystąpi do wykonania muru oporowego wzdłuż ulicy Kościuszki. W związku z pracami mocno zmieni się organizacja ruchu w rejonie pętli w Brynowie. Zamknięty zostanie m.in. fragment ulicy Jankego, a zwężona ulica Kościuszki (...).

W Łodzi powstaną nowe przystanki kolejowe Łódź Retkinia, Łódź Warszawska i Łódź Radogoszcz Wschód

Marcin Bereszczyński, Dziennik Łódzki, 1.06.2018

Rozpoczęła się procedura przetargowa, która wyłoni wykonawcę przebudowy trzech przystanków kolejowych i budowę trzech nowych. Termin składania ofert mija 5 lipca. Łódź Retkinia, Łódź Warszawska i Łódź Radogoszcz Wschód to przystanki, które zostaną zbudowane. Przebudowa obejmie Łódź Arturówek, Łódź Stoki i Łódź Marysin. Przy ostatnim z nich powstanie tzw. mijanka, czyli drugi tor. Obecnie jest to linia jednotorowa. Mijanka poprawi przepustowość odcinka między Łodzią Widzewem i Zgierzem. W ostatnich dniach spółka PKP Polskie Linie Kolejowe wydała ogłoszenie o zamówieniu tych prac budowlanych.

W ramach zamówienia położony zostanie również kabel światłowodowy między stacjami Łódź Widzew i Zgierz. Wartość inwestycji to 26,5 mln zł. Prace mają trwać 20 miesięcy od podpisania umowy z wyłonionym wykonawcą (...).

Układ sieciowy terminali warunkiem dalszego rozwoju przewozów intermodalnych

The network layout of terminals is a condition for the further development of intermodal transport



Janusz Dyduch

Prof. dr hab. inż., Prezes
Stowarzyszenia Inżynierów i
Techników Komunikacji RP,
Uniwersytet Technologiczno-
Humanistyczny w Radomiu



Henryk Zielaskiewicz

Dyrektor Biura Analiz Nieruchomości
i Projektów Logistycznych
PKP S.A. Centrala

Streszczenie: Przez ostatnie lata w Polsce obserwowany jest dynamiczny rozwój przewozów intermodalnych modernizowana jest też infrastruktura linowa, powstają nowe terminale. Jednak proces ich powstawania jest chaotyczny. Powstaje szereg terminali prowizorycznych które nie spełniają standardów obsługi. Sieć terminali intermodalnych w Polsce ma silne zróżnicowanie, gęstość która nie pokrywa swoim oddziaływaniem całego kraju. Zalecenia Unii Europejskiej wskazują iż odległość pomiędzy terminalami nie powinna być większa niż 150 km. Dla rozwoju tego segmentu przewozów wskazane jest utworzenie spójnej sieci terminali intermodalnych zarządzanej przez narodowego operatora.

Słowa kluczowe: Rynek TSL; Przewozy intermodalne; Sieć terminali; Narodowy operator

Abstract: In recent years, dynamic development of intermodal transport has been observed in Poland, the rope infrastructure is being modernized, new terminals are being created. However, the process of their formation is chaotic. A number of makeshift terminals are created which do not meet the service standards. The intermodal terminal network in Poland has a strong diversity, density that does not cover the impact of the entire country. European Union recommendations indicate that the distance between terminals should not exceed 150 km. For the development of this transport segment, it is advisable to create a coherent network of intermodal terminals managed by a national operator.

Keywords: TSL field; Intermodal transport; Terminal network; National operator

Przepływ towarów i usług jest fundamentem jednolitego rynku europejskiego. Jego stworzenie nie było i nie jest możliwe bez systemowego wsparcia logistycznego. Jednym z istotnych warunków funkcjonowania wspólnego rynku transportowego jest jego zrównoważony rozwój, między innymi na bazie zapewnienia tych samych warunków funkcjonowania pod względem stanu infrastruktury transportowej i zasad dostępu do niej. Innym istotnym kryterium jest pełna interoperacyjność systemów transportowych zarówno w samej Unii, jak również w sąsiednich krajach. Dążenie do szerszej interoperacyjności dwóch systemów kolejowych o różnych prześwitach torów jest też istotnym elementem płynnej wymiany potoku ładunków pomiędzy Europą i Azją. Unia Europejska dąży do odbudowy zdominowanych przez transport samochodowy kolei czy żeglugi śródlądowej. Zmiany w preferencjach społecznych w zakresie korzystania z różnych rodzajów środków transportu spowodowały, iż wzdłuż zasadniczych ciągów komunika-

cji drogowej powstały osiedla i punkty usługowe oraz strefy przemysłowe. Transport samochodowy generuje o wiele większe koszty zewnętrzne niż transport kolejowy, lecz pomimo to ponosi kilkakrotnie niższe opłaty za dostęp do infrastruktury transportowej. Oceniając rynek transportu towarów w dużym uproszczeniu możemy określić, że transport kolejowy zyskuje na znaczeniu, gdyż ilościowy i przestrzenny charakter zapotrzebowania na przewozy umożliwia regularne zestawienie pociągów przewożących duże ilości ładunków na stosunkowo długie odległości. Jednak stosunek wielkości potoku ładunku do długości trasy ma istotny wpływ na opłacalność budowania łańcuchów transportowych z wykorzystaniem kolei.

W ramach wspólnego rynku europejskiego szereg firm z różnych sektorów gospodarczych poszukuje możliwości poprawy swojej pozycji konkurencyjnej. Nowoczesne przedsiębiorstwa produkcyjne oraz dystrybucyjne szukają lepszych oraz bardziej skutecznych roz-

wiązań umożliwiających oferowanie produktów akceptowanych przez klientów i z ich punktu widzenia optymalnych przede wszystkim pod względem nowoczesności technologicznej, jakości i ceny. Dlatego tak ważne dla powodzenia w biznesie jest dążenie do wprowadzania procesów opartych o nowe rozwiązania techniczne i organizacyjne oraz osiągnięcie wysokiego poziomu obsługi klienta na każdym etapie współpracy. Tendencje te możemy również zauważyć w sektorze transportowo-spedycyjno-logistycznym (TSL). Spośród ogniw łańcuchów logistycznych to właśnie na transport oddziałują w największym zakresie czynniki zewnętrzne, takie jak: warunki pogodowe, sytuacje polityczne w poszczególnych regionach, ale także elementy o szerszym i bardziej długotrwałym znaczeniu, jak zmiany w otoczeniu ekonomiczno-gospodarczym i techniczno-technologicznym.

Tendencje współczesnego rynku transportowego jednoznacznie wskazują na potrzebę partnerskich więzi przy świadczeniu usług dla klienta, opartych na ści-

słej współpracy między przewoźnikami i innymi podmiotami uczestniczącymi w procesie obsługi obrotu towarowego. W prawidłowo funkcjonującym łańcuchu dostaw powinna obowiązywać zasada, że wszyscy uczestnicy realizujący usługi przyczyniają się do powodzenia całości przedsięwzięcia oraz odnoszą korzyści z uczestniczenia w nim. Jest to podstawowy powód do zawierania strategicznych sojuszy oraz wspólnego organizowania przedsięwzięć logistycznych. Jednocześnie należy być świadomym, że jest to też konieczność wspólnego ponoszenia ryzyka.

Coraz częściej w praktyce transportu kolejowego obserwujemy zjawiska integracji usług, a zarazem tworzenia sieci, która umożliwia wykorzystanie zasobów partnerów w postaci wspólnie realizowanych przedsięwzięć, z wykorzystaniem efektów synergii. Dzięki takim działaniom znacznemu rozszerzeniu ulega pakiet świadczonych usług przez firmy transportowe, które we współpracy z firmami spedycyjnymi tworzą kompleksowe usługi. Taka integracja tworzy łańcuch powiązań i wzajemnych relacji pomiędzy przedsiębiorstwami i zdecydowanie powiększa pakiet możliwości logistycznych. Jednak tworzenie odpowiedniej organizacji funkcjonującej w układzie sieci, bez odpowiedniego przygotowania infrastruktury liniowej i punktowej oraz wyposażenia jej w narzędzia informatyczne, nie zapewni jej prawidłowego funkcjonowania, a tym samym możliwości konkurencyjności z dobrze zorganizowanymi przedsiębiorstwami logistycznymi.

Szeroko pojętą kompleksowość usług można rozumieć jako realizację różnych - pod względem specyfiki - grup usług przy uczestnictwie w łańcuchu dostaw, szeregu firm bardzo mocno powiązanych ze sobą najczęściej kapitałowo, co można określić stwierdzeniem: „Sieć powiązanych firm, które działają na zasadzie wzajemnej współpracy, wspólnie kontrolują, kierują i usprawniają przepływy rzeczowe oraz informacyjne od dostawców do ostatecznych użytkowników” (G. Szyszka, Materiały pokonferencyjne Polskiego Kongresu Logistycznego Logistics 2006).

Ostatecznym wspólnym celem powinno być świadczenie dla klienta usługi o odpowiednim poziomie jakości i akceptowanej przez niego cenie, a tym samym osiągnięcie spodziewanych korzyści. Uczestniczenie w procesie tworzenia łańcuchów transportowych nie jest prostym zadaniem, potrzebna jest bardzo dobra

znajomość rynku transportowego. Firmy działające na nim powinny przy wykonywaniu bieżących zadań przestrzegać szeregu uregulowań prawnych o zasięgu międzynarodowym, jak również wewnętrznych przepisów branżowych. Rozwój wymiany handlowej wymaga od firm chcących zaistnieć na rynku międzynarodowym przystosowania się do coraz bardziej złożonych „funkcji” dostarczania towarów. Są to już nie tylko zwykłe procesy, ale całe łańcuchy usług, w których uczestniczy często wiele firm spedycyjnych i transportowych. Podział zadań oraz ilość uczestników uzależnione są od rodzaju ładunku przeznaczonego do przewozu oraz od oczekiwań klienta co do zakresu usługi. Trendy we współczesnej spedycji pokazują, że wiele czynności składających się na proces spedycji często jest wykonywanych przez krajowych, a w przypadku spedycji międzynarodowej zagranicznych podwykonawców działających na zlecenie spedytora głównego, który przyjął zlecenie od klienta. Takie rozwiązanie niesie za sobą zarówno pozytywne aspekty w postaci wykorzystania „know how” podwykonawcy w danym kraju, bądź odpowiednich usług dostosowanych do konkretnego rynku, ale również negatywne następstwa, jak wzrost kosztów usług czy mniejsza kontrola nad przebiegiem procesu logistycznego.

Funkcjonowanie i rozwój sieci, a nawet systemów transportowych oraz związane z tym trendy zachodzące na rynku TSL, wpływają obecnie na kształt i jakość łańcuchów dostaw. Przybierają one kształt dużych sieci logistycznych, bezpośrednio oddziaływujących na możliwości rozwoju gospodarczego poszczególnych regionów. Nowe wyzwania, a zarazem powiązania między systemami gospodarczymi, wiążą się z rozwojem nowych technologii usług logistycznych, a także z towarzyszącymi im procesami przewozowymi.

Dobrym przykładem potrzeby tworzenia logistycznej infrastruktury liniowej i punktowej w układzie sieciowym są przewozy intermodalne. Dynamicznie rozwijające się intermodalne terminale portowe wymagają odpowiedniej infrastruktury terminalowej wewnątrz kraju, zapewniającej szybki i sprawny przepływ ładunku pomiędzy portami a terminalami wewnątrz kraju i finalnymi klientami. Należy mieć na uwadze, że transport intermodalny jest segmentem przewozów, w którym efektywność jest wypadkową powodzenia działań różnych ogniw bio-

rażących udział w procesie, jak również czynników zewnętrznych mających wpływ na proces transportowy, a jednocześnie od siebie niezależnych. Wymaga więc on odpowiedniego przygotowania organizacyjnego i technicznego. Chcąc zapewnić klientowi odpowiedniej jakości usługi tego rodzaju transportu, organizatorzy muszą dysponować rozległą wiedzą związaną z jego specyfiką (uwarunkowania rynkowe i gospodarcze, technika i technologia, wielogłęziowość przewozów itd.), a ponadto posiadać odpowiednie umiejętności i sprzęt.

Oczekiwania klientów tego segmentu usług w zakresie jakości i czasu przewozu są znacznie wyższe w porównaniu do tradycyjnych, konwencjonalnych przewozów kolejowych. Klienci decydują się często na poniesienie dodatkowych kosztów w zamian za jakość i krótki czas transportu. Do przewozów towarów o wysokim stopniu przetworzenia klienci bardzo często wykorzystują ten segment przewozów, ponieważ mają na uwadze, iż kapitał zamrożony w ładunku nie rotuje, a tym samym nie przynosi zysków. Innym atutem przewozów intermodalnych jest stosunkowo wysoki stopień bezpieczeństwa ładunku w czasie transportu. Dlatego też planowanie i realizacja łańcuchów transportowych w tych przewozach wymaga nowoczesnych rozwiązań w zakresie technologii procesów transportowych i przeładunkowych oraz współpracy z dobrze działającą platformą informatyczną, pozwalającą klientom na śledzenie procesu przewozowego, co pomaga w optymalizacji decyzji operacyjnych klientów. Przepływ informacji w odpowiednim czasie o ewentualnych zakłóceniach oraz nowych uwarunkowaniach umożliwia podejmowanie decyzji operacyjnych i strategicznych wewnątrz firmy oraz w jej kontaktach z klientami. W wielu przypadkach uzyskanie odpowiedniej informacji we właściwym czasie pozwala na ograniczenie strat, czy też w sposób istotny zmniejsza niezadowolenie klienta z ewentualnego oczekiwania na towar lub firm na surowce i półfabrykaty do produkcji. Stworzenie systemu organizacji dostarczania towaru zgodnie z popularną w logistyce definicją „5 W”.

Zważywszy na rozwój firm logistycznych oraz wspomniany wzrost kapitału zamrożonego w towarze, zleceniodawcy przewozów towarowych coraz częściej nie interesuje, jakimi środkami dokonuje się przewozu, lecz z jaką szybkością i po jakich kosztach towar zostanie dostarczo-

ny do miejsca przeznaczenia. Zachodzi więc potrzeba wdrażania systemowych rozwiązań również w procesach transportu kolejowego.

Po okresie przemian gospodarczych i otwarciu rynku kolejowego przedsiębiorstwa transportu kolejowego skupiły się na rywalizacji wewnątrz gałęziowej, nie zauważając zmian zachodzących w sektorze TSL w zakresie rozwoju usług logistycznych. Jest to jednym z powodów zmniejszenia konkurencyjności tej gałęzi transportowej.

Transport kolejowy w celu odzyskania rynku przewozowego powinien rozwijać usługi logistyczne oraz realizować przewozy takich segmentów, jak przewozy intermodalne, materiałów niebezpiecznych, czy w pojedynczych wagonach, czyli tzw. przewozy rozproszone. Z uwagi na znaczącą dominację transportu samochodowego oraz liberalizację rynku przewozów kolejowych, a więc i dużą wewnętrzną konkurencję, przedsiębiorstwa transportu kolejowego, aby mogły być dochodowe, były i są zainteresowane przewozami, które generują najniższe koszty. Takimi przewozami z pewnością są przewozy masowe, niewymagające dużych nakładów pracy manewrowej w miejscu nadawania i odbioru przesyłek. W miarę liberalizacji rynku kolejowych przewozów towarowych oraz zwiększającej się rywalizacji o klienta następuje obniżenie stawek za fracht, a tym samym opłacalność przewozów masowych ulega zmniejszeniu. Na poziom opłacalności z pewnością mają wpływ niższe koszty dostępu do infrastruktury z uwagi na formowanie składów pociągowych na bocznicach klienta. Niestety zważywszy na koszty utrzymania liczba bocznic kolejowych z każdym rokiem maleje. Sytuacja jaka się wytworzyła odzwierciedla to, co można było zaobserwować w transporcie samochodowym, gdzie na skutek dużej rywalizacji wiele przedsiębiorstw zaczęło stosować stawki poniżej własnych kosztów, co w konsekwencji doprowadziło do upadku szeregu firm w tej branży. Czy w zawiązku z tym skupienie się firm transportu kolejowego tylko na przewozach masowych jest właściwym kierunkiem? Dla prawidłowego rozwoju transportu kolejowego, a więc również w zakresie dążenia do zrównoważenia rozwoju poszczególnych gałęzi transportu, odpowiednim kierunkiem jest wsparcie przewozów rozproszonych oraz materiałów niebezpiecznych przez państwo, np. w zakresie obniżenia stawek dostępu do in-

frastruktury kolejowej wzorem preferencji dla transportu intermodalnego. Słowo „preferencja” jest nie najlepszym odzwierciedleniem sytuacji, albowiem powinno mówić się o pewnym złagodzeniu dysproporcji w zakresie stawek dostępu pomiędzy transportem samochodowym i kolejowym oraz różnic w uregulowaniach prawnych w transporcie kolejowym i drogowym. Wsparcie państwa w przewozach rozproszonych i materiałów niebezpiecznych, podobnie jak to jest obecnie w intermodalnych, powinno trwać do czasu wyrównania warunków konkurencji poszczególnych gałęzi transportu. Polityka Unii Europejskiej dąży do przeniesienia transportu towarów z dróg na tory, co ma swoje uzasadnienie w kosztach zewnętrznych transportu, kongestii i ochronie środowiska naturalnego. Państwo, mimo że wielokrotnie deklarowało prowadzenie transportowej polityki zrównoważonego rozwoju, buduje zbyt słabe instrumenty służące do przeniesienia ruchu towarowego z dróg na tory, dlatego też udział transportu kolejowego w rynku przewozów towarowych z roku na rok maleje. W roku 2017 odnotowano wprawdzie wzrost przewozów kolejowych ogółem, co było spowodowane wzrostem przewozów materiałów budowlanych i importu węgla. Inaczej jest w szeregu krajach Europy Zachodniej, gdzie przyjęto długoterminowe strategie przeniesienia ładunków z dróg na kolej. Mechanizmy działań są jednak różne. Takie kraje jak Niemcy czy Austria są bardzo konsekwentne w ich wdrażaniu. Zrozumiałe jest, że nadawcy towarów w wyborze środka transportu kierują się przede wszystkim aspektami ekonomicznymi. Jeżeli przy porównywalnych kosztach przewoźników koszt dostępu do dróg będzie znacząco niższy od kosztu dostępu do torów, to transport towarów ciężarówkami będzie nadal wzrastał. W sytuacji ograniczonych środków budżetu, państwo musi zdecydować się na określenie preferencji dla rozwoju rozwiązań w systemie transportowym kraju, które będą zgodne z zalecaniami Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska naturalnego. W państwach najbardziej zaangażowanych we wdrażanie dyrektywy 2001/14/WE wyraźnie widać wzrost udziału transportu kolejowego, jako generującego niższe koszty zewnętrzne i przyjaznego środowisku naturalnemu. W naszym kraju wdrożono, jak na razie, tylko mechanizmy wspierające transport intermodalny w postaci ulgi w dostępie do

infrastruktury kolejowej oraz możliwość pozyskania środków pomocowych na realizację inwestycji terminalowych czy zakup taboru wagonowego i trakcyjnego.

W Polsce transport intermodalny w ostatnich kilku latach rozwija się bardzo szybko. Wzrosty w przewozach mierzone w pracy przewozowej i przewiezionej masie, rosnących w wysokości około 20 % r/r. W roku 2017 udział transportu intermodalnego w przewozach kolejowych ogółem wyniósł 6,12 % w przewiezionej masie, natomiast w pracy przewozowej wielkość ta wyniosła 9,87 %. Niemniej jednak w tym segmencie przewozów, w porównaniu do średniej w Unii Europejskiej, wynoszącej około 15 % udziału w ogólnej masie przewozów w transporcie kolejowym, jest jeszcze bardzo dużo do zrobienia.

Unia Europejska od szeregu lat promuje rozwój tego rodzaju przewozów, dlatego też zostały przyjęte odpowiednie mechanizmy finansowego wsparcia. Obecna perspektywa finansowa, która obejmuje lata 2014 – 2020 z możliwością rozszerzenia do roku 2023 na zakończenie realizacji inwestycji, jest trzecią z kolei perspektywą finansową, której beneficjenci mogą pozyskiwać środki pomocowe na inwestycje związane z rozwojem przewozów intermodalnych. W poprzedniej perspektywie finansowej obejmującej lata 2007 – 2013, przy wsparciu środkami pomocowymi z UE zrealizowane zostały 23 projekty na łączną kwotę dofinansowania ok. 470 mln zł. Jednak potrzeby, mając na uwadze dynamicznie rozwijający się rynek, okazały się znacznie większe, dlatego też w obecnej perspektywie finansowej kwota dofinansowania została określona na 1 mld zł.

Centrum Unijnych Projektów Transportowych w ramach działania 3.2 Rozwój transportu morskiego, śródlądowych dróg wodnych i połączeń multimodalnych (grupa C Transport intermodalny) zakończyło nabór wniosków 8 stycznia br. Z sygnałów płynących z rynku wynikało, iż ilość projektów w zakresie rozwoju infrastruktury terminalowej oraz zakupu taboru trakcyjnego i wagonowego jest duża, a środki pomocowe przeznaczone na wsparcie mogą się okazać niewystarczające. Dlatego też z zadowoleniem należy przyjąć fakt, iż Komisja Europejska postanowiła zwiększyć budżet programu pomocowego dla transportu intermodalnego do 2 mld zł.

Potrzeby w zakresie rozwoju transportu intermodalnego są szerokie zarówno

w infrastrukturze terminalowej, jak i taboru. PKP PLK S.A. obecnie realizuje program modernizacji infrastruktury liniowej za łączną kwotę około 66 mld zł, jednak aby przewozy kolejowe mogły się rozwijać, oprócz infrastruktury liniowej, potrzebna jest nowoczesna infrastruktura punktowa w postaci terminali intermodalnych i centrów logistycznych. W Polsce istnieje co prawda około 34 terminali intermodalnych lądowych, lecz większość z nich powstała na punktach za- i wyładunkowych, które nie spełniają wymogów jakościowych obsługi klientów. Posiadają krótkie tory za- i wyładunkowe o długości 200-300 m, a place manipulacyjno-składowe utwardzone są tłuczniem, co utrudnia procesy manipulacyjne.

Polska sieć terminali intermodalnych charakteryzuje się występowaniem skupisk terminali w kilku najbardziej uprzemysłowionych punktach kraju. Są też rejony, gdzie nie ma wybudowanej infrastruktury terminalowej. Zgodnie z zaleceniami Unii Europejskiej odległość między terminalami intermodalnymi nie powinna być większa niż 150 km. Na wschodzie Polski ilość terminali jest zdecydowanie za mała. Nierównomierność w zakresie rozwoju infrastruktury terminalowej występuje również na naszych przejściach granicznych. Przy przejściu granicznym Terespol – Brześć, w rejonie przeładunkowym Małaszewicze, zlokalizowane są cztery terminale intermodalne, a prywatni przedsiębiorcy planują budowę kolejnych. Zdolności przeładunkowe terminali zlokalizowanych w tym rejonie są wykorzystywane obecnie w ok. 40%. Na innych przejściach granicznych po stronie polskiej, oprócz przejścia granicznego Siemianówka – Sławatycze, gdzie ostatnio wybudowany został prywatny terminal w Chryzanowie, tego typu infrastruktury nie ma. Mając na uwadze rosnące przewozy jednostek intermodalnych z wykorzystaniem tzw. Jedwabnego Szlaku pomiędzy Unią Europejską a krajami azjatyckimi, szczególnie Chinami, należy spodziewać się potrzeby dużej dywersyfikacji tych przewozów i potrzeby wykorzystywania również innych przejść granicznych. Wskazane byłoby, aby terminalne intermodalne powstały w najbliższym czasie na takich przejściach granicznych jak: Kuźnica Białostocka – Bruzgi, Braniewo – Mamonowo oraz na przejściu granicznym Dorohusk – Jagodziny. Oprócz terminali intermodalnych ważnym czynnikiem mającym wpływ na płynność przewozów na styku

dwóch systemów kolejowych o różnym prześwicie torów, jest infrastruktura kolejowa samych przejść granicznych. W rejonie Małaszewicz w chwili obecnej występują pewnie trudności przyjmowania pociągów od strony białoruskiej. Powodem takiej sytuacji nie jest brak zdolności przeładunkowych istniejących tam terminali, lecz zdolności przerobowej stacji szerokotorowej Kobylany. Znaczna poprawa parametrów technicznych oraz rozbudowa ilości torów na tej stacji może wpłynąć w niewielkim stopniu na poprawę obecnej sytuacji, gdyż spowoduje to przeniesienie wąskiego gardła na same przejście graniczne, a więc na stację Terespol – Brześć. Przedstawiony przykład wskazuje na konieczność kompleksowego podejścia do rozwiązania problemów zdolności przepustowej poszczególnych przejść granicznych. Mając na uwadze równomierny rozwój infrastruktury transportowej dedykowanej na potrzeby transportu intermodalnego wskazane jest, aby jej kształt oraz warunki techniczne i eksploatacyjne były rozpatrywane w układzie sieciowym. Przy tworzeniu takiej sieci niezbędne jest określenie istniejącego potencjału pod względem posiadanych zdolności przeładunkowych terminali intermodalnych zlokalizowanych w poszczególnych regionach kraju. Innym ważnym elementem jest określenie ich stanu technicznego i parametrów oraz możliwości rozbudowy. Lokalizacja nowych obiektów powinna zapewniać równomierne objęcie zakresem oddziaływania infrastruktury terminalowej obszaru całego kraju. Na terenach bardziej uprzemysłowionych, w miejscach występowania dużych potoków ładunków, ich zagęszczenie powinno być większe.

Istotną kwestią przy budowie sieci obiektów infrastruktury logistycznej, jakimi są terminale i wyborze miejsca na potencjalną inwestycję, należy się kierować szeregiem kryteriów. Do podstawowych warunków wyboru lokalizacji terminala jest potencjał danego rynku, uwarunkowania organizacyjno-prawne oraz techniczne i przestrzenne. Jednak najistotniejszą przesłanką jest kryterium rynkowe, a więc obecne i prognozowane potoki ładunku w otoczeniu planowanej inwestycji. Dokonując oceny wagi poszczególnych kryteriów możemy powiedzieć, iż udział potencjału rynkowego to około 60-70 % w całości wagi. Natomiast pozostałe kryteria przy wyborze lokalizacji, takie jak warunki przestrzenne i środowiskowe oraz techniczne mają mniejsze

znaczenie. Ocenia się, ich wpływ na decyzję o wyborze lokalizacji nieprzekraczający łącznie 30%-40% wagi w podejmowanej decyzji. Obserwując rozlokowanie istniejących terminali możemy stwierdzić, iż jest ono zgodne z rozmieszczeniem ilości specjalnych stref ekonomicznych oraz powierzchni magazynowych w poszczególnych województwach. Największa koncentracja powierzchni magazynowych znajduje się w rejonie Warszawy, Górnego Śląska i Poznania. W tych lokalizacjach wybudowane jest około 60% powierzchni magazynowej ogółem w Polsce. Najmniej powierzchni magazynowej na chwilę obecną znajduje się w takich województwach, jak podlaskie, świętokrzyskie oraz opolskie. Obserwowany jest jednak wzrost aktywizacji tych terenów pod względem rozwoju przemysłowego i w dalszej perspektywie oczekiwany jest sukces w zakresie rozwoju mniejszych rynków magazynowych, takich jak Białystok czy Kielce. W przypadku Białegostoku obecnie realizowany jest - przez firmę Panattoni - Park Białystok o powierzchni ok. 40,5 tys. m². W tym obszarze należy się spodziewać istotnych potoków ładunków.

Według statystyki GUS za rok 2016, rynek przewozów jednostek intermodalnych w naszym kraju, wynosi około 24,5 mln ton, z czego ponad połowę przewozi się transportem kolejowym, a pozostała część przewożona jest transportem samochodowym. Udział jednostek intermodalnych w przewozach drogowych pod względem masy stanowi niewiele ponad 1,2%. W porównaniu do krajów zachodnich konteneryzacja ładunków w naszym kraju jest stosunkowo niska i należałoby rozważyć możliwość wprowadzenia mechanizmów zachęcających firmy do zwiększenia konteneryzacji ładunków. Ten kierunek działań z pewnością jest dobrym rozwiązaniem w zakresie możliwości przejęcia ładunków drobnicowych z dróg na kolej. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Czy kolejowe przewozy towarowe odzyskują rynek transportowy Czy kolejowe przewozy towarowe odzyskują rynek transportowy Mirosław Antonowicz, Henryk Zielaskiewicz czasopismo Logistyka 6/2017
- [2] Transport intermodalny na rynku usług przewozowych –Henryk Zielaskiewicz wydawnictwo ITE Radom

Targi intermodalne

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP planuje zorganizować targi intermodalne. Skąd taki pomysł?

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, którego jestem Prezesem, dysponuje ogromnym potencjałem fachowców, którzy poświęcają swój czas dla rozwoju technicznego i organizacyjnego transportu. W naszych szeregach jest ponad 6 tysięcy inżynierów i techników, naukowców i menadżerów ze wszystkich branż związanych z transportem. W Komitecie Nauki Stowarzyszenia znajdują się znane nazwiska świata nauki, polityki i gospodarki, znakomici specjaliści ze wszystkich dziedzin związanych z transportem w Polsce, w tym również uznani eksperci z zakresu transportu intermodalnego. Naszym głównym przesłaniem było i nadal jest działanie na rzecz postępu, innowacyjności i rozwoju transportu. Tematyka przewozów intermodalnych od pewnego czasu towarzyszyła nam w związku z działaniami, jakie Stowarzyszenie podejmuje w obszarze opiniowania branżowych aktów prawnych czy organizacji konferencji naukowo-technicznych. Od kilku lat bierzemy czynny udział w promowaniu w naszym kraju przewozów intermodalnych. Stowarzyszenie wydało szereg publikacji na temat tego segmentu przewozów, między innymi książkę „Transport intermodalny na rynku usług przewozowych”. Wielokrotnie spotykałem się ze stwierdzeniem, że w Polsce potencjał tego typu transportu jest niewykorzystywany i nadal dużo mniej konkurencyjny niż w pozostałych krajach europejskich. Brak jest na naszym rynku wydarzenia o randze targów dedykowanego wyłącznie zagadnieniom transportu intermodalnego, który z definicji ma złożony charakter. Nie

została wytworzona przestrzeń do prezentowania innowacyjnych rozwiązań skierowanych do tego rynku, który - z perspektywy nowoczesnych technologii - jest bardzo ciekawy. Jak widać, tematyka przewozów intermodalnych jest bardzo szeroka. Jestem przekonany, że targi transportu łączonego InterModal 2019, których tegorocznym hasłem przewodnim jest innowacyjność, interoperacyjność i intermodalność, staną się ważnym wydarzeniem dla tej branży i nie tylko. Targi zorganizowane zostaną w nowej formule oraz w nowym miejscu.

Jaka będzie ich formuła?

Naszym celem jest, aby Targi InterModal 2019 były przede wszystkim platformą biznesową skierowaną do profesjonalistów działających na rynku przewozów intermodalnych. Jesteśmy otwarci na wystawców z Polski i spoza jej granic, którzy są zaangażowani w transport intermodalny jako operatorzy, przewoźnicy, porty i terminale, producenci taboru transportowego, sprzętu przeładunkowego, kontenerów ale także na przewoźników. Oczekujemy, że targi odwiedzą dostawcy usług logistycznych i spedytory, dyrektorzy i właściciele firm transportowych, inwestorzy, usługobiorcy branżowi czy przedstawiciele sektora publicznego. Imprezie wystawienniczej, niezwykle ważnej i kluczowej ze względu na poruszane wcześniej kwestie, będzie towarzyszył bogaty program merytoryczny: debaty, wykłady, warsztaty. Dyskusja merytoryczna, szczerzy dialog są zawsze inspirujące, a w przypadku tej branży szczególnie potrzebne. Myślę, że uda się w tym krótkim czasie przedstawić potrzeby i oczekiwania uczestników tego rynku i wspólnie wypracować opty-

malne rozwiązania skierowane na jego rozwój. Naszym pragnieniem jest, aby podczas Targów InterModal 2019 mogli się spotkać ze sobą różne środowiska: szeroko rozumianego biznesu, nauki i administracji publicznej. Wyzwania, jakie stoją przed transportem intermodalnym wymagają integracji i łączenia wielu obszarów działania, a najlepszym do tego miejscem są właśnie targi oraz debata zaplanowana w ostatnim dniu targów.

Kiedy i gdzie odbędą się targi?

Edycja Targów InterModal 2019 odbędzie się w dniach 2 - 4 kwietnia 2019 r. w Gdańsku na terenach Międzynarodowych Targów Gdańskich S.A.

W imieniu swoim oraz Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP serdecznie Państwa na nie zapraszam.

Prof. dr hab. inż. Janusz Dyduch
Prezes Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP,
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu

Osoba do kontaktu:
Hanna Szary, 505 116 966,
e-mail: hanna.szary@sitkrp.org.pl

Organizator:
Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP Zarząd Krajowy
Ul. Czackiego 3/5; 00-043 Warszawa
Strona internetowa targów
www.intermodal-poland.com


Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad


Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Komunikacji RP
– Oddział we Wrocławiu


Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Zakład Dróg i Lotnisk



INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH
ULEPSZAMY KAŻDĄ TECHNOLOGIĘ



Konferencja naukowo-techniczna

PROJEKTOWANIE, BUDOWA I UTRZYMANIE AUTOSTRAD, DRÓG EKSPRESOWYCH I LOTNISK

Jelenia Góra, 15 – 16 listopada 2018 r.

Patronat Medialny:



Celem konferencji jest przedstawienie dotychczasowych polskich doświadczeń z zakresu projektowania, budowy i utrzymania autostrad, dróg ekspresowych i lotnisk ze szczególnym zwróceniem uwagi na stosowane systemy: „projektuj – buduj” oraz „utrzymaj standard”. Konferencja odbywa się w pobliżu realizowanych odcinków dróg ekspresowych S3 i S5. Jak również wybudowanych autostrad A4 i A18.

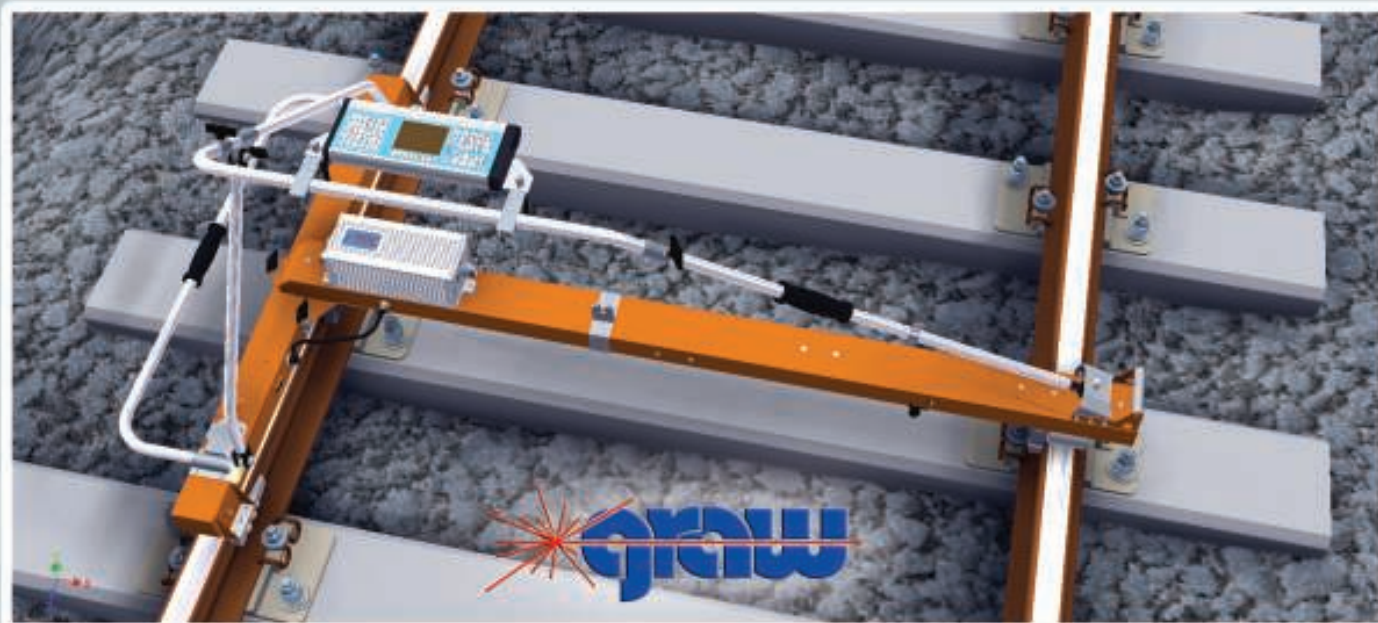
Zapraszamy autorów do przygotowania referatów zgodnie z w/w tematyką. Referaty należy przygotować w języku polskim. Referaty będą publikowane w Przeglądzie Komunikacyjnym (wg listy B - MNiSzW – 8 pkt). Warunkiem publikacji referatu jest uzyskanie pozytywnej recenzji Komitetu Naukowego oraz Recenzentów czasopisma.

Zgłaszanie referatów

SITK RP O/Wrocław, ul. M.J. Piłsudskiego 74, 50-020 Wrocław, tel.: 48 71 343 18 74, kom. 575 799 133,
e-mail: wroclaw@sitkrp.org.pl www.wroclaw.sitkrp.org.pl

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC

Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com

REKLAMA



CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



**W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAĆ**

Zobacz, co już wybudowaliśmy
i dla kogo pracowaliśmy:
www.gm-roads.pl

Biuro:

ul. Krzemieniecka 47,
54-613 Wrocław

Budownictwo inżynieryjne:

tel.: (71) 300 12 40
e-mail: info@gm-roads.pl

Geodezja:

tel.: 697 660 932
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

Siedziba firmy:

ul. Wrocławska 41, Łażany
58-130 Żarów



REKMA Sp. z o.o.

ul. Szlachecka 7

32-080 Brzezine

tel. +48 12/633 59 22

fax +48 12/397 52 20

www.rekma.pl

- Dylatacje bitumiczne EMD typ Rekma
- Dylatacje mechaniczno-asfaltowe SILENT-JOINT^{RESA}
- Szczeliny dylatacyjne w nawierzchniach betonowych i asfaltowych
- Naprawa spękań nawierzchni
- Specjalistyczne cięcie nawierzchni betonowych i asfaltowych
- Wypełnianie szczelin dylatacyjnych w torowiskach tramwajowych
- Natrysk środkami hydrofobowymi i hydrofilowymi
- Rowkowanie (grooving) nawierzchni
- Specjalistyczne wiercenie otworów pod kotwy i dyble
- Kruszenie nawierzchni betonowych metodą ultradźwiękową – RMI



SPECJALISTYCZNE PRACE DROGOWE



PN-EN ISO 9001:2009