

Zagrożenia w lotnictwie cywilnym wynikające z niesprawności silników lotniczych

Hazards in the Polish Civil Aviation resulting from engines failures



Paweł Głowacki

Dr inż.

Instytut Lotnictwa, Centrum
Technologii Kosmicznych,
Warszawa



Leszek Loroch

Dr inż.

Instytut Lotnictwa, Centrum
Technologii Kosmicznych,
Warszawa

Streszczenie: Opublikowany przez Urząd Lotnictwa Cywilnego w maju 2017 r. Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017-2020 w Załączniku A przedstawia „Dane o zdarzeniach – 2016 r.”. Szczegółowy opis zagrożenia wynikającego ze stanu technicznego statków powietrznych ogranicza do ogólnego przedstawienia zdarzeń lotniczych w kategoriach SCF-NP. (ang. System Component Failure Non Powerplant) oraz SCF-PP (ang. System Component Failure Powerplant). Przeprowadzone w Instytucie Lotnictwa analizy tych zdarzeń (raportowane zdarzenia lotnicze gromadzone są w bazie ECCAIRS ang. European Coordination Center for Accident and Incident Reporting System) wskazują, że należy oddzielnie traktować umowny rodzaj lotnictwa (lotnictwo ogólne i komercyjne). Szczególnie zdarzenia powodowane niesprawnościami zespołów napędowych samolotów zgodnie z ATA-100 muszą być rozpatrywane oddzielnie z podziałem na rodzaj zespołu napędowego (łtokowy, turbośmigłowy, turbinowy śmigłowiec, turbinowy odrzutowy) i z uwzględnieniem poszczególnych instalacji. Prace związane z analizą statystyczną jak i techniczną zdarzeń lotniczych prowadzone są od kilku lat w Instytucie Lotnictwa. Zdarzenia spowodowane stanem technicznym statku powietrznego, a szczególnie silników są w lotnictwie ogólnym najczęstszą przyczyną wypadków. Celem artykułu jest poprawa świadomości ryzyka oraz w efekcie końcowym obniżenie liczby zdarzeń lotniczych związanych z użytkowaniem silników łtokowych. Szczególne znaczący wpływ na obniżenie liczby wypadków w lotnictwie ogólnym może mieć wdrożenie nowoczesnych rozwiązań technicznych umożliwiających kontrolę stanu technicznego użytkowanych silników oraz obniżenia kosztów ich eksploatacji przy zachowaniu pełnej świadomości ryzyka wynikającego z możliwości przedłużenia resursu silnika. Podsumowując: odwrócenie niebezpiecznego trendu wzrostu niesprawności silników łtokowych powodującego zagrożenie bezpieczeństwa w lotnictwie wymaga, przede wszystkim, zmiany sposobu eksploatacji tych silników.

Słowa kluczowe: Lotnictwo cywilne; Awarie silników

Abstract: Published by the Civil Aviation Authority in May 2017, the State Safety Programme 2017-2020 in the appendix A presents "Events Data - 2016". Detailed description of the hazard arising from the technical condition of aircraft limits to the general presentation of the events in terms of SCF-NP (System Component Failure Non Powerplant) and SCF-PP (System Component Failure Powerplant). The analysis of these events performed in the Institute of Aviation (aviation events reports are collected in the European Coordination Center for Accident and Incident Reporting System database - ECCAIRS) has shown that the general aviation and commercial aviation (CAT) should be treated separately. Especially events caused by the powerplants failures must be considered separately for piston, turbofan, turboshaft, turboprop types and also their each installation has to be taken into account. Events caused by the technical condition of aircraft, especially engines, are the most common cause of accidents in general aviation. The aim of the article is to improve risk awareness and, ultimately, reduce the number of the aviation events associated with exploitation of the piston engines. Particularly significant impact on reducing the number of accidents in general aviation can be achieved by the implementation of modern technical solutions to control the technical condition of the engines and reduce their operating costs, while operators are fully aware of the risks resulting from the possibility of extending engine time on wing. In conclusion: reversing the dangerous trend of piston engine failures causing aviation safety hazards requires, above all, changes in the way these engines are operated.

Keywords: Civil Aviation; Engines failures

Opublikowany przez Urząd Lotnictwa Cywilnego w maju 2017 r. Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017-2020 w Załączniku A przedstawia „Dane o zdarzeniach – 2016 r.”. Szczegółowy opis zagrożenia wynikającego ze stanu technicznego statków po-

wietrznych ogranicza do ogólnego przedstawienia zdarzeń lotniczych w kategoriach SCF-NP. (ang. System Component Failure Non Powerplant) oraz SCF-PP (ang. System Component Failure Powerplant). Przeprowadzone w Instytucie Lotnictwa

analizy tych zdarzeń (raportowane zdarzenia lotnicze gromadzone są w bazie ECCAIRS ang. European Coordination Center for Accident and Incident Reporting System) wskazują, że należy oddzielnie traktować umowny rodzaj lotnictwa (lotnictwo

ogólne i komercyjne). Szczególnie zdarzenia powodowane niesprawnościami zespołów napędowych samolotów muszą być rozpatrywane oddzielnie z podziałem na rodzaj zespołu napędowego (łukowy, turbośmigłowy, turbinowy śmigłowiec, turbinowy odrzutowy), z uwzględnieniem poszczególnych instalacji zgodnie z ATA-100. Prace związane z analizą statystyczną jak i techniczną zdarzeń lotniczych prowadzone są od kilku lat w Instytucie Lotnictwa, a ich wyniki przedstawiono w artykułach [2],[3],[4],[5],[9],[10]. Zdarzenia spowodowane stanem technicznym statku powietrznego, a szczególnie silników są w lotnictwie ogólnym najczęstszą przyczyną wypadków.

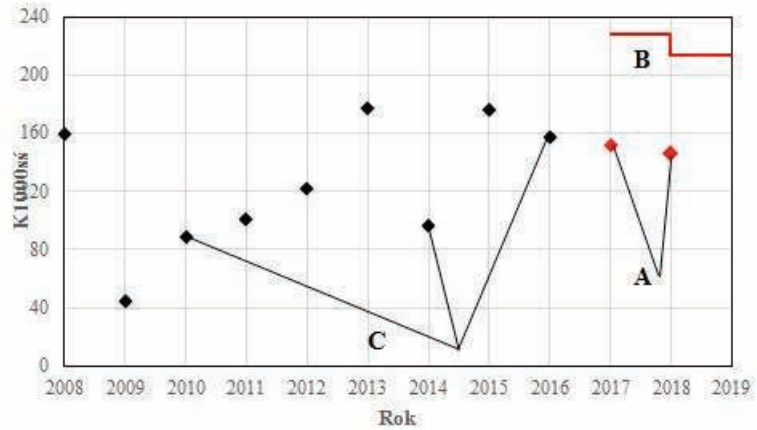
Celem działania, a także celem tej publikacji jest więc poprawa świadomości ryzyka oraz w efekcie końcowym obniżenie liczby zdarzeń lotniczych związanych z użytkowaniem silników. Szczególne znaczący wpływ na obniżenie liczby wypadków w lotnictwie ogólnym może mieć wdrożenie nowoczesnych rozwiązań technicznych umożliwiających kontrolę stanu technicznego użytkowanych silników oraz obniżenia kosztów ich eksploatacji przy zachowaniu pełnej świadomości ryzyka wynikającego z możliwości przedłużenia resursu silnika. Opracowana przez Instytut metoda eksploatacji lotniczych silników tłukowych wg stanu technicznego [8] wychodzi naprzeciw tym potrzebom.

Zdarzenia lotnicze powodowane przez silniki – w ujęciu statystycznym

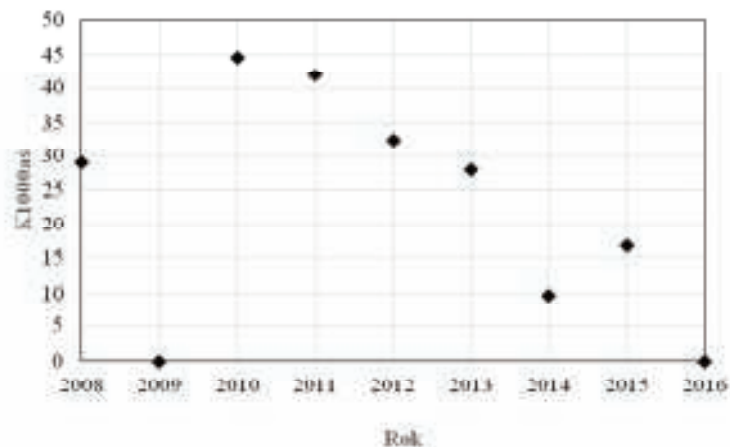
Baza ECCAIRS powstaje na podstawie zgłoszeń zdarzeń lotniczych nadesłanych przez różne służby lotnicze. Jest ona bardzo obszerna i obecnie zawiera około 7000 zdarzeń zaistniałych w ruchu lotniczym w latach 2008÷2016. Silniki napędowe samolotów od 2008 do końca 2016 roku były przyczyną następującej ich liczby:

- Turbinowe silniki śmigłowe – 122
 - Silniki turbośmigłowe – 101
 - Turbinowe silniki odrzutowe – 124
 - Silniki tłukowe – 207
- Ponieważ w tym czasie zmieniała się

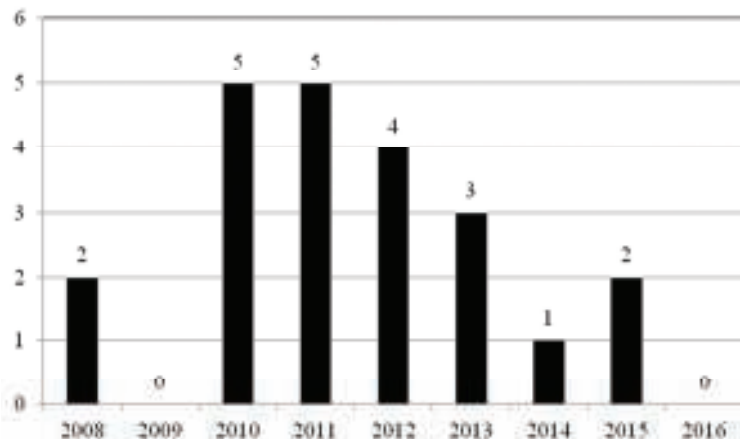
liczba statków powietrznych uczestniczących w ruchu lotniczym, więc w celu zobiektywizowania analizy danych wprowadzono współczynniki odnoszące liczbę zdarzeń powodowanych przez usterki silników do liczby zarejestrowanych statków



1. Bieżące i prognozowane wartości współczynnika K_{1000ss} . A – prognozowana średnia wartość współczynnika na lata 2017 i 2018, B – prognozowane maksymalne wartości współczynnika na lata 2017÷2018 i 2018÷2019, C – rzeczywiste bieżące wartości współczynnika



2. Zmiana wartości współczynnika K_{1000ss} w latach 2008÷2016



3. Liczba awaryjnych lądowań, przerwanych lotów i startów śmigłowców powodowanych usterkami silnika w latach 2008÷2016

powietrznych. Nie jest to najbardziej precyzyjna metoda wyznaczania współczynnika intensywności występowania niesprawności. Dopóki jednak nie będzie znany sumaryczny nalot samolotów lotnictwa ogólnego, dopóty obiektywne porównania będą jedynie możliwe w odniesieniu do liczby zarejestrowanych sa-

molotów. W artykule skorzystano ze współczynników K_{1000} opisanych wzorami (1) i (2) jak następuje:

$$K_{1000s}(\text{indeks dla silnika}) = \frac{LZ}{LSP} \cdot 1000 \quad (1)$$

gdzie:

LZ – liczba zdarzeń lotniczych powodowanych przez usterki konkretnego

typu silnika.

LSP – liczba statków powietrznych napędzana konkretnym typem silnika.

natomiast,

$$K_{1000a}(\text{indeks dla silnika}) = \frac{LA}{LSP} \cdot 1000 \quad (2)$$

gdzie:

LA – liczba awaryjnych lądowań, przerwanych lotów i startów powodowanych przez usterki konkretnego typu silnika.

Indeksy silników:

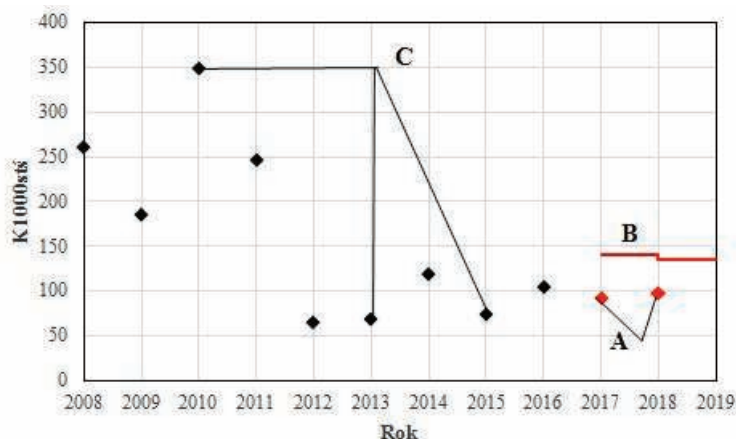
ś – turbinowe śmigłowe,

tś – turbośmigłowe,

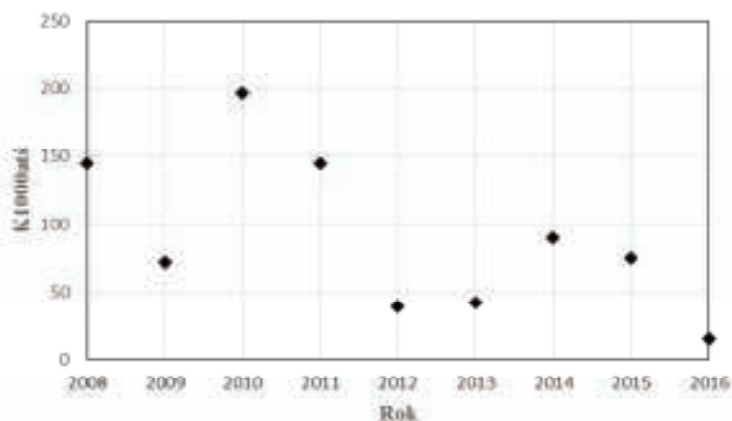
o – turbinowe odrzutowe,

t – tłokowe.

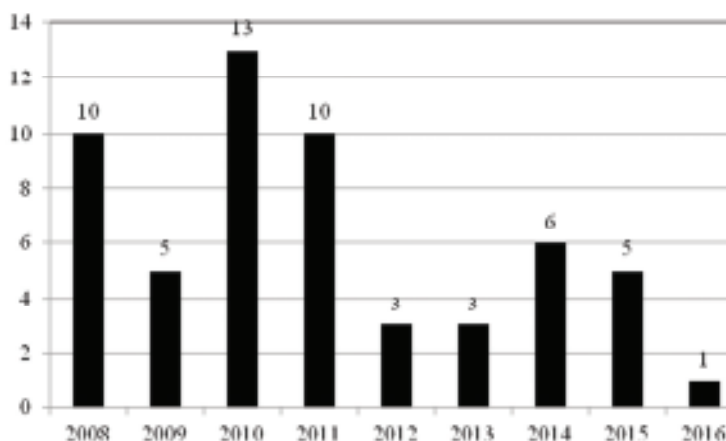
Prognozowane wartości średnie i maksymalne współczynników dla poszczególnych rodzajów silników lotniczych wyznaczono zgodnie z metodologią opisaną w [4] i [5].



4. Bieżące i prognozowane wartości współczynnika $K_{1000stf}$ (oznaczenia jak na rys. 1.)



5. Zmiana wartości współczynnika $K_{1000atś}$ w latach 2008÷2016



6. Liczba awaryjnych lądowań, przerwanych lotów i startów samolotów turbośmigłowych powodowanych usterkami silnika w latach 2008÷2016

Turbinowe silniki śmigłowe

Na rysunku 1. przedstawiono wartości współczynnika K_{1000s} obliczone dla wszystkich raportowanych zdarzeń lotniczych powodowanych przez turbinowe silniki napędowe śmigłowe. Kolorem czerwonym oznaczono prognozowane wartości średnie tego współczynnika na lata 2017 i 2018. Ciągła czerwona linia określa prognozowane maksymalne jego wartości w przedziale lat 2017÷2018 i 2018÷2019.

Natomiast współczynnik K_{1000a} liczby poważnych zdarzeń zakończonych awaryjnym lądowaniem, przerwaniem lotem bądź startem przedstawia rys. 2.

Obserwuje się systematyczny spadek współczynnika określającego poziom niebezpiecznych sytuacji powodowanych usterkami turbiniowych silników śmigłowych.

Rysunek 3 przedstawia w liczbach bezwzględnych zdarzenia lotnicze zakończone awaryjnym lądowaniem, przerwaniem lotem bądź startem śmigłowców napędzanych silnikiem turbinowym.

Silniki turbośmigłowe

Rysunek 4. przedstawia identyczne parametry jak rys. 1. tyle, że dla silników turbośmigłowych.

Prawdopodobną przyczyną znacznego spadku w roku 2012 i kolejnych latach współczynnika zdarzeń lotniczych powodowanych usterkami silników turbośmigłowych w porównaniu do lat poprzednich była wymiana floty, a tym samym typu silnika jednego z operatorów lotniczych. Rysunek 5. przedstawia zmianę wartości współczynnika $K_{1000ats}$

Natomiast bezwzględną liczbę poważnych zdarzeń powodowanych przez silniki turbośmigłowe przedstawiono na rys. 6.

Turbinowe silniki odrzutowe

Rozpatrywane współczynniki dotyczące turbinowych silników odrzutowych zarówno ten dla wszystkich zdarzeń lotniczych (rys. 7.) jak i drugi (rys. 8.) dla sytuacji awaryjnych pozostają od roku 2012 na stałym poziomie. Potwierdza to również liczba tych zdarzeń przedstawiona na rys. 9.

Opisane wyżej współczynniki raportowanych zdarzeń powodowanych przez silniki lotnicze dotyczyły w prawie 100% dwusilnikowych statków powietrznych. Awaria jednego silnika nie powoduje jeszcze sytuacji niebezpiecznej, a technika lądowania z jednym pracującym silnikiem jest opisana w samolotowych instrukcjach użytkownika w locie. Liczba awaryjnych lądowań, przerwanych lotów i startów jest bardzo mała.

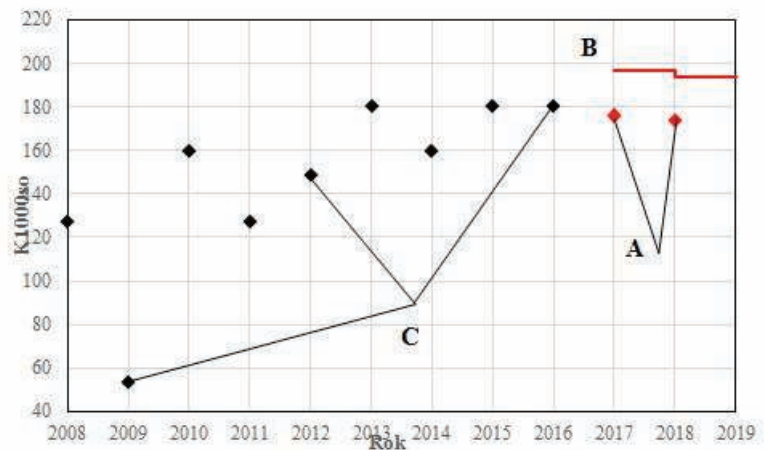
Duże wartości współczynników wynikają z małej liczby eksploatowanych samolotów, a charakteryzujących się znaczną intensywnością latania. Z dotychczas przeprowadzonych analiz opisanych w [2] i [6] wynika, że niesprawności turbinowych silników śmigłowcowych, silników turbośmigłowych i turbinowych odrzutowych eksploatowanych w krajowym lotnictwie nie stanowią

ryzyka zagrożenia bezpieczeństwa latania.

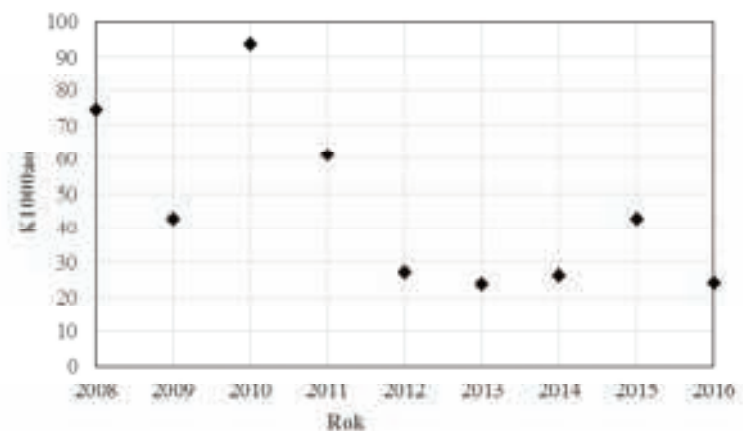
Lotnicze silniki tłokowe

Inna jest sytuacja dotycząca lotniczych silników tłokowych. Autorzy artykułu pragną zwrócić uwagę czytelnika na fakt, że przedstawione

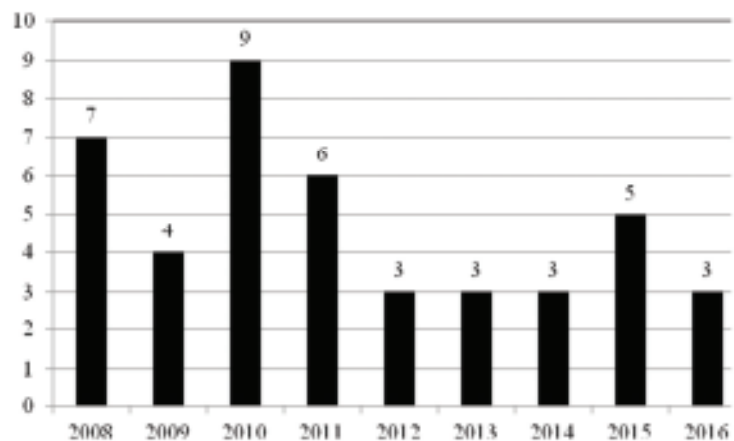
poniżej współczynniki i liczby nie dotyczą silników zabudowanych na motoszybowcach, motolotniach, motoparalotniach i samolotach ultralekkich. Podkreślenia wymaga również to, że w krajowym lotnictwie około 95% zarejestrowanych samolotów tłokowych jest napędzane jednym silnikiem. Rysunki 10. i 11.



7. Bieżące i prognozowane wartości współczynnika $K_{1000atd}$ (oznaczenia jak na rys. 1.)



8. Zmiana wartości współczynnika $K_{1000atd}$ w latach 2008÷2016



9. Liczba awaryjnych lądowań, przerwanych lotów i startów samolotów odrzutowych powodowanych usterkami silnika w latach 2008÷2016

prezentują obraz znacznego wzrostu omawianych w artykule współczynników.

Potwierdzeniem tego jest również ponad trzykrotny wzrost liczby awaryjnych sytuacji powodowanych niesprawnościami silników tłokowych, pokazany na rys. 12. Należy

wspomnieć, że liczba zarejestrowanych samolotów nie uległa znacznej zmianie

– 1107 w 2014 r., 1123 w 2015 r. i 1124 w 2016 r.

Szczegółowe analizy sytuacji związanej z niesprawnościami lotniczych silników tłokowych eksploatawa-

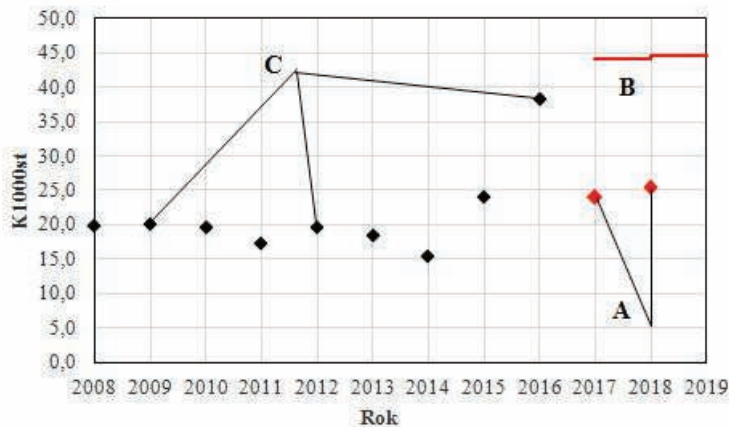
nych w naszym kraju, a przedstawione w [2] i [6] nie pozostawiają wątpliwości, że silniki te stanowią ryzyko zagrożenia bezpieczeństwa w lotnictwie krajowym.

Podsumowanie

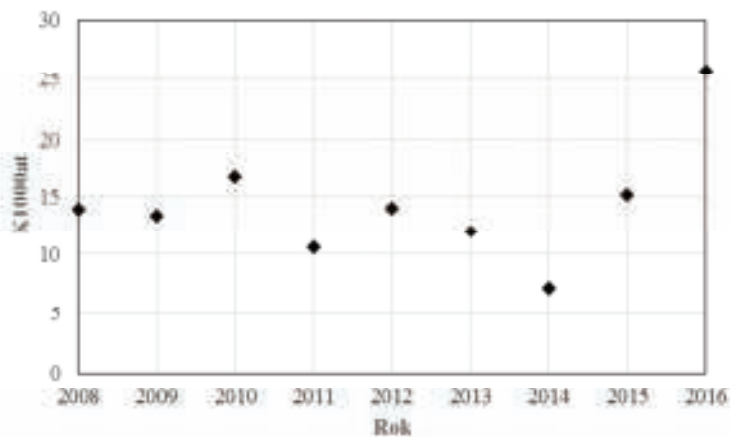
Odwrócenie niebezpiecznego trendu wzrostu niesprawności silników tłokowych powodującego zagrożenie bezpieczeństwa w lotnictwie wymaga, przede wszystkim, zmiany sposobu eksploatacji tych silników. Zdaniem autorów należy wprowadzić nowy system eksploatacji silników, opisany w [8] zasygnalizowanej we wstępie do artykułu.

Urząd Lotnictwa Cywilnego, akceptując przedstawione wnioski z prowadzonych analiz, dopuszcza wprawdzie możliwość eksploatacji wybranych typów silników tłokowych zgodnie z przedstawioną w [8] metodą, jednak jej stosowanie nie jest działaniem obligatoryjnym.

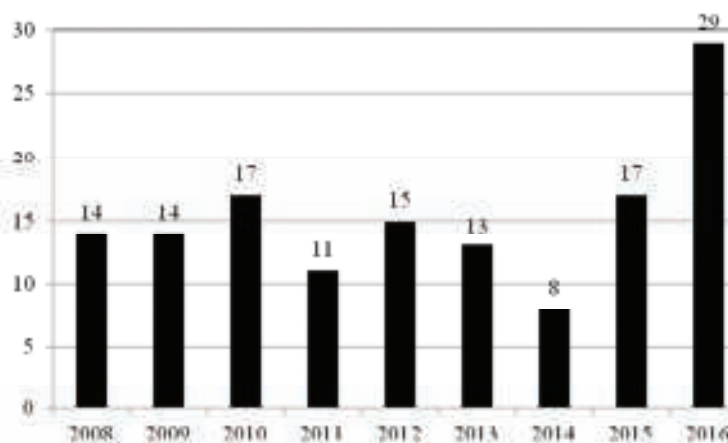
Wdrożenie korzystnej dla użytkownika oferty komercyjnej może spowodować poprawę świadomości ryzyka eksploatacji silników oraz w efekcie końcowym obniżenie liczby zdarzeń lotniczych związanych z ich użytkowaniem. ◀



10. Bieżące i prognozowane wartości współczynnika K1000st, (oznaczenia jak na rys. 1.)



11. Zmiana wartości współczynnika K1000at w latach 2008÷2016



12. Liczba awaryjnych lądowań, przerwanych lotów i startów samolotów napędzanych silnikami tłokowymi powodowanych usterkami silnika w latach 2008÷2016

Materiały źródłowe

- [1] Aviation Occurrence Categories, Definitions and Usage Notes., International Civil Aviation Organization, Common Taxonomy Team, October 2013 (4.6).
- [2] Balicki W, Głowacki P, Aircraft engines – analysis of reported systems failures in Polish Aviation during years 2008 – 2015, Journal of KONES Powertrain and Transport, ISSN 1231-4005, Vol. 23, No. 1, Warsaw 2016, s.31-37.
- [3] Balicki W, Głowacki P, Kawalec M, Assessment of the airframe systems affecting safety risks caused by large aircraft, Journal

- of KONES Powertrain and Transport, ISSN 1231-4005, Vol. 23, No. 1, Warsaw 2016, s.39-46.
- [4] Balicki W, Głowacki P, Lorocho L, Safety performance indicators assessment for small aircraft airframe systems, Journal of KONES Powertrain and Transport, ISSN 1231-4005, Vol. 23, No. 2, Warsaw 2016, s.31-38.
- [5] Balicki W, Głowacki P, ICAO aviation occurrence categories significantly affected aviation safety in Poland for the period 2008-2015, Scientific Journal of Silesian University of Technology, Series Transport, ISSN: 0209-3324.Vol. 9/2017. p.47-56.
- [6] Balicki W., Głowacki P., Causes of the powerplants failures installed on Polish civil aviation aircraft", Combustion Engines No 1/2017 (168), PTNSS ISSN 2300-9896, s.110 – 121.
- [7] Coppola, A., Practical Statistical Tools for the Reliability Engineer, Reliability Analysis Center, 201 Mill Street, Rome NY 13440-6916, 1999.
- [8] Głowacki P., Aircraft piston engines on-condition exploitation, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, DOI: 10.1108/AEAT-01-2017-042.R1.
- [9] Krzyżanowski Z., Wieczorek A., Chróściewicz A., Wykorzystanie metody BowTie oraz techniki GSN do analiz bezpieczeństwa ruchu lotniczego. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, zeszyt 103, Transport, Warszawa 2014.
- [10] Lorocho L., Bezpieczeństwo lotnictwa krajowego w działalności Instytutu Lotnictwa, Oprac. „Bezpieczeństwo i niezawodność w lotnictwie. Rozwój lotnictwa w regionach”. Wyd. NOT, Radom, 2015 r.
- [11] Wiśniowski, W., XX lat program samolotów lekkich i bezpieczeństwa (PSLiB), Transactions of the Institute of Aviation, No 3(236), 2014.

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 ZAUFAC

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