

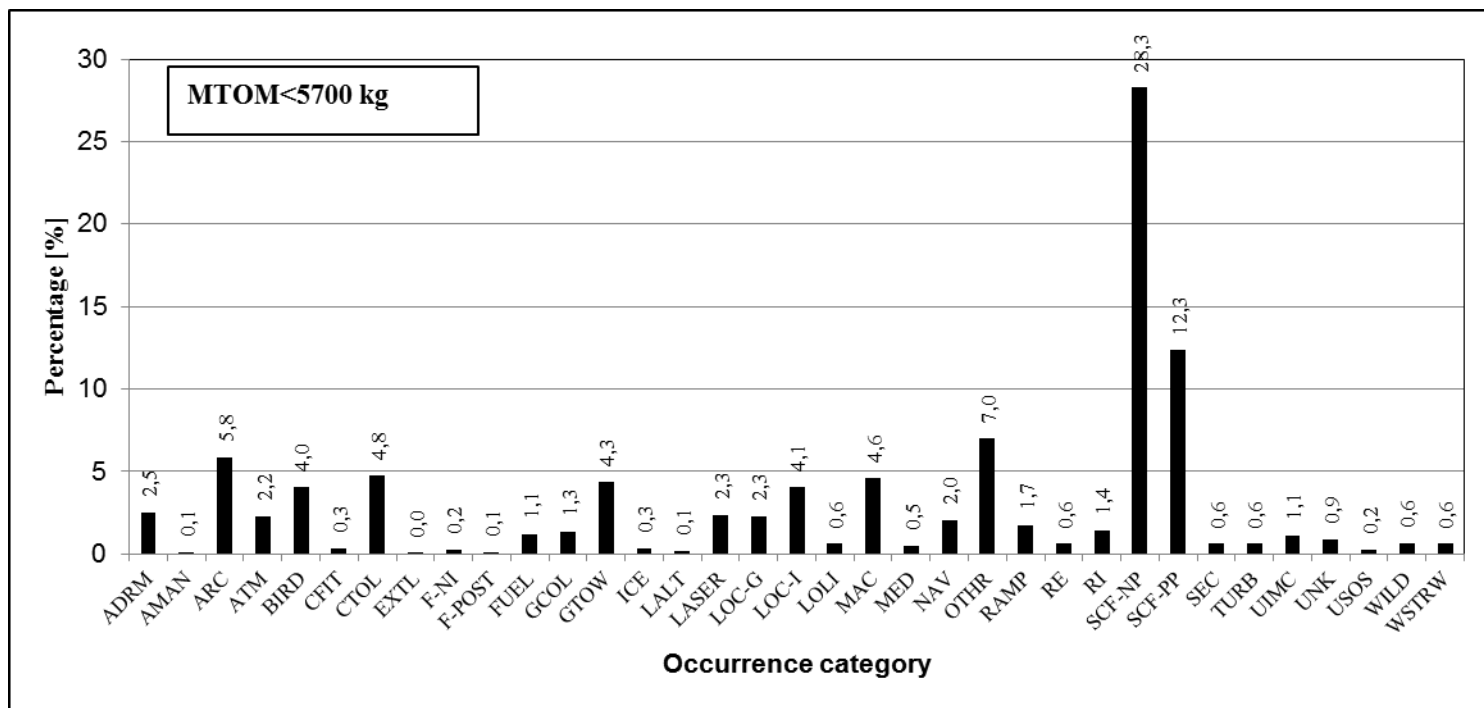


# SEMINARIUM W ZAKRESIE GA

## Eksploatacja lotniczych silników tłokowych wg stanu technicznego

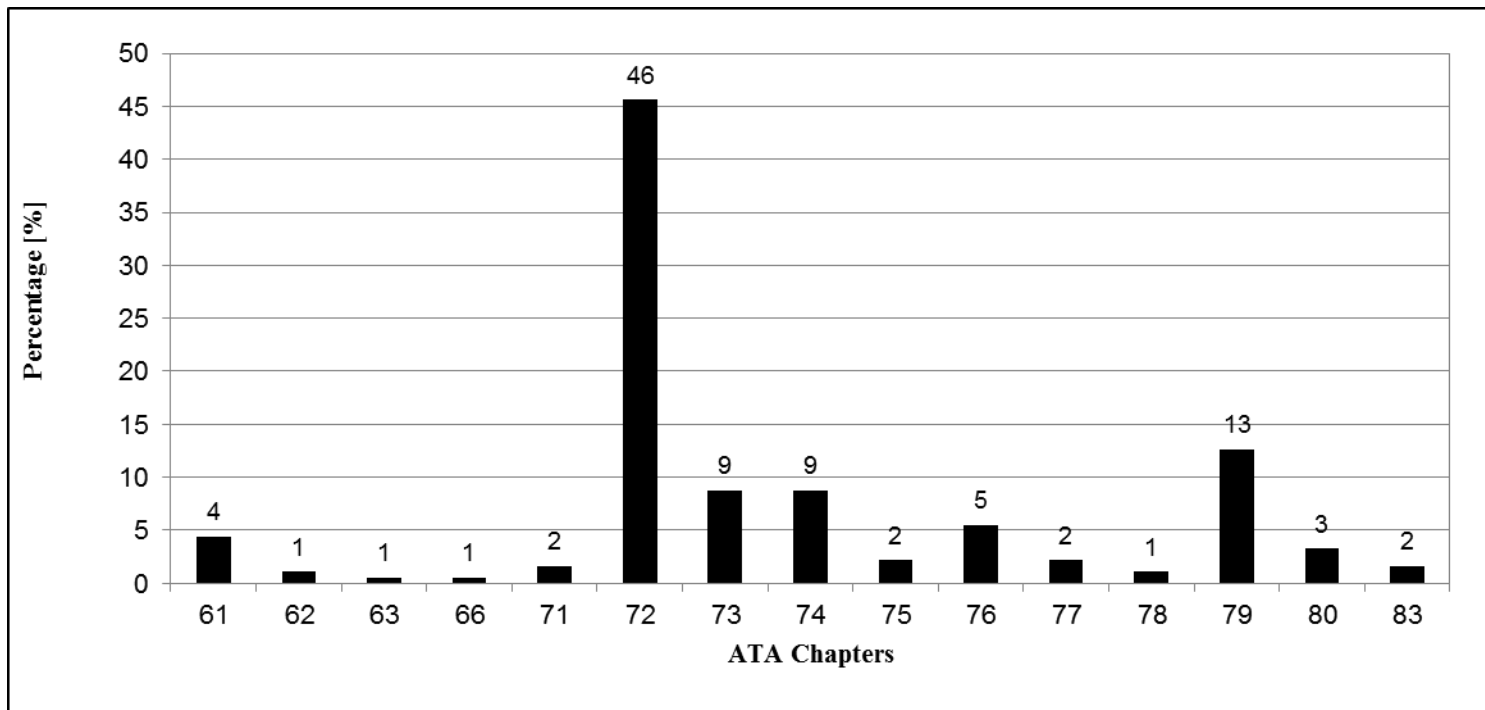
Warszawa, 12.10.2016

## Dane statystyczne (Zbiór ECCAIRS)



Raportowane zdarzenia zgodnie z kategoriami operacyjnymi ICAO w latach 2008-2015

## Dane statystyczne (Zbiór ECCAIRS)



Raportowane zdarzenia wg grup ATA w latach 2008-2015



## Eksploatacja silników tłokowych

### Użytkowanie i utrzymanie

Wg tzw. ресурсu, wg stanu technicznego

**Eksploatacja wg stanu technicznego powoduje wzrost bezpieczeństwa latania poprzez:**

1. Podniesienie poziomu wiedzy technicznej personelu lotniczego
2. Wzrost dyscypliny
3. Wzrost kultury użytkowania i utrzymania
  - a) prowadzenie skrupulatnych zapisów z obsługi,
  - b) wprowadzenie dodatkowych czynności eksploatacyjnych**  
( np..zapis i analiza parametrów pracy silnika z lotu),
  - c) obserwacja trendów zmian wybranych parametrów,**
  - d) wprowadzenie poziomów diagnostycznych dla wybranych parametrów**



## **Eksplatacja nadzorowana silników tłokowych**

4 silniki IO-240-B firmy Continental zabudowane na samolotach Diamond DA20-C1

Do tej pory uczestnictwo w:

Przeglądach 50 godzinnych - 19

Przeglądach 100 godzinnych - 7

Badania endoskopowe silników – 7 (współpraca z CEES Sp. z o.o.)

Badania spektrograficzne oleju – przeprowadzane w laboratorium ITWL



## **Eksplatacja nadzorowana silników tłokowych**

Opracowano program umożliwiający śledzenie wszystkich parametrów przyjętych do określania stanu technicznego silnika w tym do parametrów z lotu.



## Eksploatacja nadzorowana silników tłokowych

### Publikacje i opracowania:

P. Głowacki, B. Łukasik

„Aviation piston engines on – condition maintenance – proposal”,

Combustion Engines, No 3/2015 (162), PTNSS, ISSN 2300-9896, s. 52-63.

### Co nowego:

Wprowadzenie analizy parametrów silnika z lotu

Analiza wielkości cząstek ferromagnetycznych w oleju silnikowym



Praktyka eksploatacyjna dowodzi, że obserwacja i analiza pewnych charakterystycznych wielkości umożliwia dość precyzyjną ocenę tego stanu, należą do nich :

z lotu: podczas przelotu i wznoszenia ( zapisywane dla podobnych prędkości obrotowych silników):

**ciśnienie oleju**

**temperatura oleju**

**temperatura głowic cylindrów**

**temperatura gazów wylotowych**

**ciśnienie paliwa lub zużycie paliwa**

**prędkość obrotowa silnika**





Widok tablicy przyrządów po zamontowaniu rejestratora EDM-900



## Zapis parametrów z lotu – rejestrator EDM-900

JPI EzTrends

FileViewGraphsDataFlight SummariesEdit DataHelpGoogle Earth

AllGraphsMainOptionDataSimulatorStart MenuNew FileNew Flt(s)ExportLF RptPrintHelp

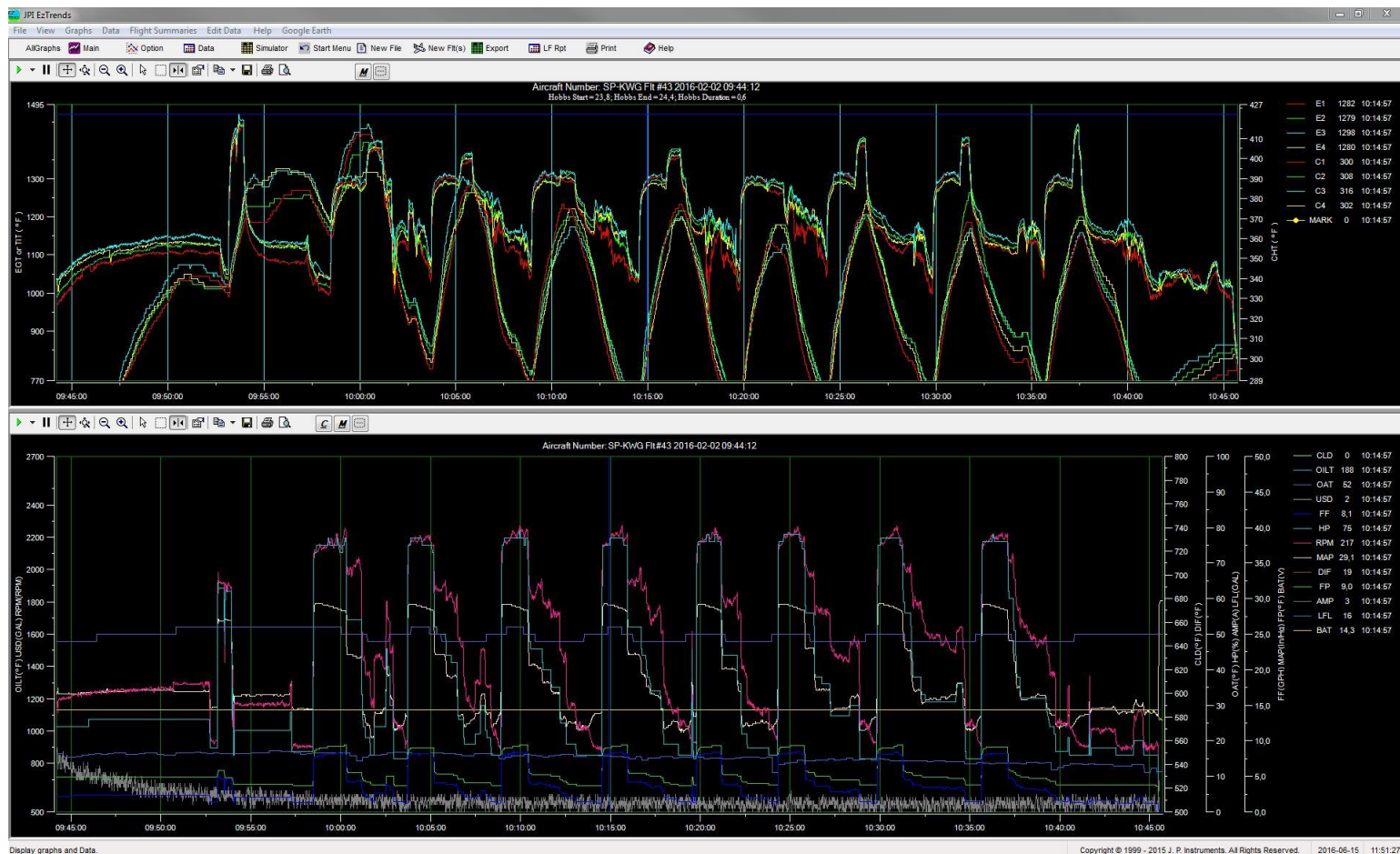
Font Size 9

| INDEX | DATE       | TIME     | E1   | E2   | E3   | E4   | C1  | C2  | C3  | C4  | OAT | DIF | CLD | MAP  | RPM  | HP | FF  | FP  | OILP | BAT  | AMP | OILT | USD | LFL  | SPD | ALT |
|-------|------------|----------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|----|-----|-----|------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|
| 704   | 2016-02-02 | 09:55:56 | 1082 | 1123 | 1133 | 1121 | 380 | 380 | 394 | 395 | 52  | 51  | 0   | 16,5 | 1165 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 4   | 190  | 0,4 | 16,7 | 0   | 331 |
| 705   | 2016-02-02 | 09:55:57 | 1082 | 1123 | 1133 | 1121 | 380 | 380 | 394 | 395 | 52  | 51  | 0   | 16,5 | 1175 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 2   | 190  | 0,4 | 16,7 | 0   | 331 |
| 706   | 2016-02-02 | 09:55:58 | 1082 | 1123 | 1136 | 1121 | 380 | 380 | 394 | 395 | 52  | 54  | 0   | 16,5 | 1171 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 3   | 190  | 0,4 | 16,7 | 0   | 331 |
| 707   | 2016-02-02 | 09:55:59 | 1082 | 1125 | 1136 | 1121 | 380 | 380 | 394 | 395 | 52  | 54  | 0   | 16,5 | 1165 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 4   | 190  | 0,4 | 16,7 | 0   | 331 |
| 708   | 2016-02-02 | 09:56:00 | 1084 | 1125 | 1133 | 1121 | 380 | 380 | 394 | 395 | 52  | 49  | 0   | 16,5 | 1169 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 3   | 190  | 0,4 | 16,7 | 0   | 331 |
| 709   | 2016-02-02 | 09:56:01 | 1084 | 1125 | 1133 | 1119 | 380 | 380 | 394 | 395 | 52  | 49  | 0   | 16,5 | 1171 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 3   | 190  | 0,4 | 16,7 | 0   | 331 |
| 710   | 2016-02-02 | 09:56:02 | 1084 | 1125 | 1133 | 1119 | 380 | 380 | 394 | 395 | 52  | 49  | 0   | 16,5 | 1168 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 3   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 331 |
| 711   | 2016-02-02 | 09:56:03 | 1084 | 1122 | 1136 | 1119 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 52  | 0   | 16,5 | 1165 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 2   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 331 |
| 712   | 2016-02-02 | 09:56:04 | 1084 | 1122 | 1136 | 1119 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 52  | 0   | 16,5 | 1156 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 1   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 713   | 2016-02-02 | 09:56:05 | 1082 | 1122 | 1136 | 1121 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 54  | 0   | 16,5 | 1170 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 3   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 714   | 2016-02-02 | 09:56:06 | 1082 | 1124 | 1136 | 1121 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 54  | 0   | 16,5 | 1157 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 6   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 715   | 2016-02-02 | 09:56:07 | 1080 | 1124 | 1136 | 1121 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 56  | 0   | 16,5 | 1159 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 6   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 716   | 2016-02-02 | 09:56:08 | 1080 | 1124 | 1132 | 1121 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 52  | 0   | 16,5 | 1162 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 4   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 717   | 2016-02-02 | 09:56:09 | 1080 | 1124 | 1132 | 1121 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 52  | 0   | 16,5 | 1167 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 4   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 718   | 2016-02-02 | 09:56:10 | 1080 | 1121 | 1132 | 1121 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 52  | 0   | 16,5 | 1164 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 6   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 719   | 2016-02-02 | 09:56:11 | 1080 | 1121 | 1135 | 1121 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 55  | 0   | 16,5 | 1172 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 3   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 720   | 2016-02-02 | 09:56:12 | 1080 | 1121 | 1135 | 1123 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 55  | 0   | 16,5 | 1178 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 2   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 721   | 2016-02-02 | 09:56:13 | 1080 | 1121 | 1135 | 1123 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 55  | 0   | 16,5 | 1162 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 4   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 722   | 2016-02-02 | 09:56:14 | 1080 | 1121 | 1135 | 1126 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 55  | 0   | 16,5 | 1174 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 6   | 192  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 723   | 2016-02-02 | 09:56:15 | 1080 | 1121 | 1133 | 1126 | 382 | 380 | 394 | 395 | 52  | 53  | 0   | 16,5 | 1178 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 4   | 194  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 724   | 2016-02-02 | 09:56:16 | 1076 | 1123 | 1131 | 1128 | 382 | 380 | 392 | 395 | 52  | 55  | 0   | 16,3 | 1168 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 5   | 194  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |
| 725   | 2016-02-02 | 09:56:17 | 1076 | 1123 | 1131 | 1128 | 382 | 380 | 392 | 395 | 52  | 55  | 0   | 16,3 | 1168 | 23 | 2,0 | 3,9 | 23   | 14,3 | 3   | 194  | 0,4 | 17,2 | 0   | 333 |





## Zapis parametrów z lotu – rejestrator EDM-900





## Analiza parametrów z lotu

Tłokowy silnik lotniczy po remoncie, po wymianie cylindrów bądź cylindra przez pierwszych pięćdziesiąt godzin użytkowania podlega procesowi formowania.

Przedziały wartości parametrów przeprowadzić należy na podstawie zebranych danych w czasie drugich pięćdziesięciu godzin pracy silnika zakładając, że przyjmują rozkład normalny\*.

- Należy odnotowywać wartości tych parametrów w trakcie każdego lotu.
- Następnie dla każdego z nich policzyć wartość średnią:

$$P_{\text{SR}} = \sum_{i=1}^n P_i / N$$

i odchylenie standardowe:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - P_{\text{SR}})^2}{N-1}}$$

gdzie:

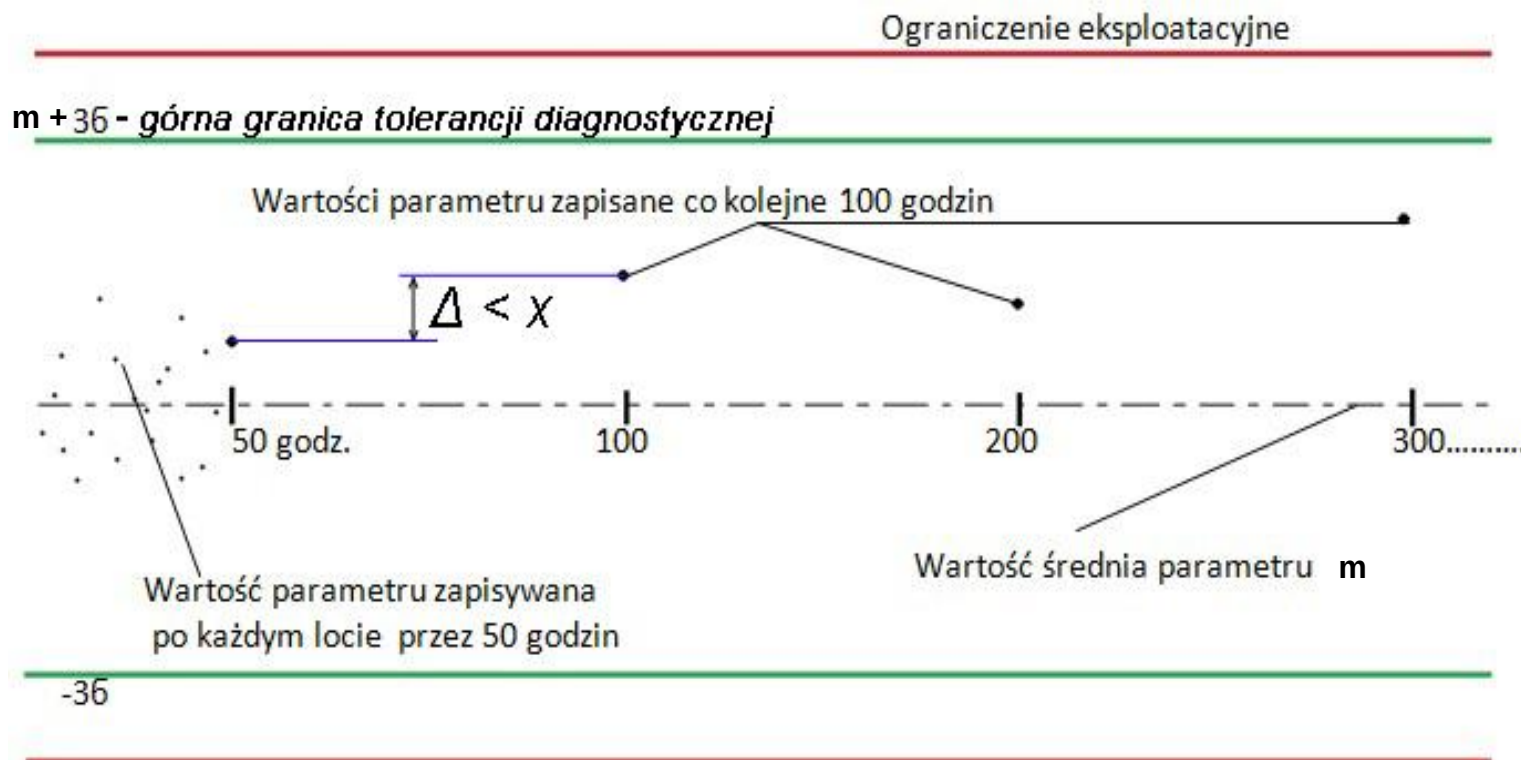
N – liczba lotów

$P_i$  – wartość parametru

$P_{\text{SR}}$  – średnia wartość parametru

\*Wymiana śmigła, pompy olejowej, chłodnicy oleju, pompy paliwowej powoduje wyznaczenie nowych granic tolerancji diagnostycznej

## Analiza parametrów z lotu

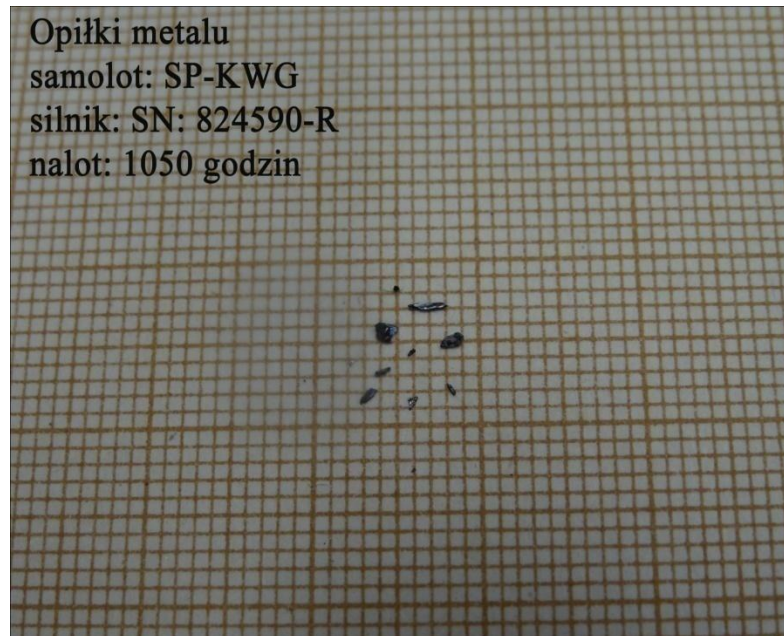


## Wielkość i ilość opiłków ferromagnetycznych w oleju silnikowym

Opiłki metalu  
samolot: SP-KWG  
silnik: SN: 824590-R  
nalot: 1050 godzin



Opiłki metalu  
samolot: SP-KWG  
silnik: SN: 824590-R  
nalot: 1050 godzin

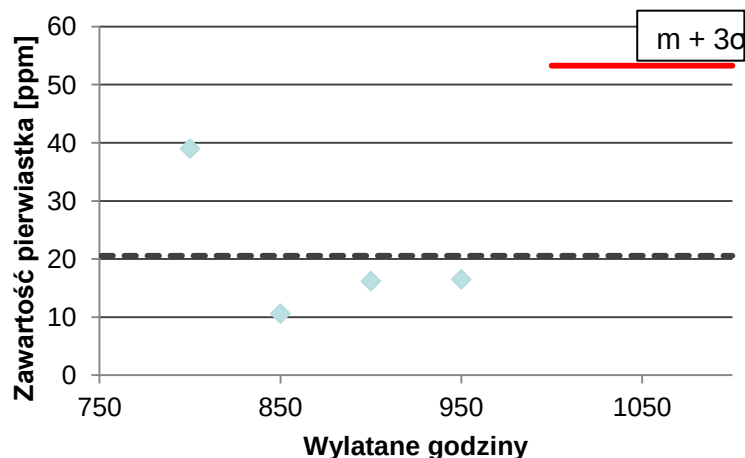


Ważnym nośnikiem informacji o stanie technicznym silnika jest ilość opiłków ferromagnetycznych w oleju silnikowym. Przy czym należy zwrócić uwagę na ich wielkość. Tzw. pył powstaje w wyniku normalnego zużywania się części silnika. Występowanie większych elementów świadczyć może o procesie uszkodzania się części trących.

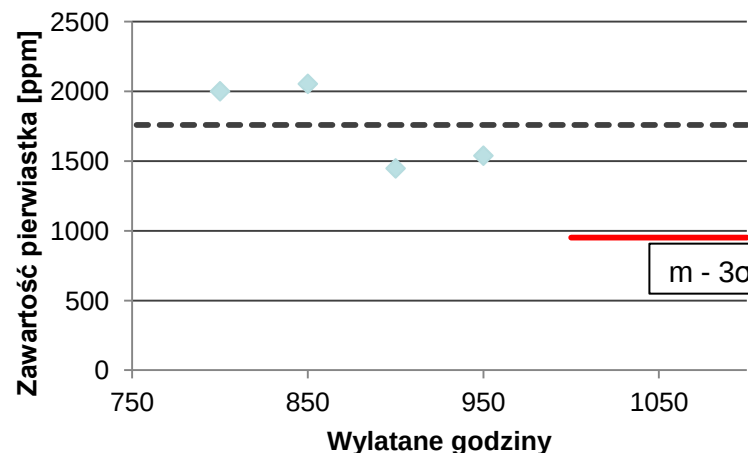


## Analiza spektralna oleju silnikowego

### Żelazo



### Ołów



Ze względów oczywistych badana jest zawartość w oleju glinu, żelaza, chromu i miedzi. Ilość krzemu w oleju informuje o warunkach zapylenia w jakim pracuje silnik. Ołów natomiast może być nośnikiem informacji o tym, czy stosowane jest paliwo lotnicze czy niedopuszczalne bezołowiowe.





## Badanie endoskopowe cylindrów



Widok tłoka cylindra nr 1 silnika IO-240-B zabudowanego na samolocie DA20-C1 "Katana".



Widok głowicy cylindra nr 1 silnika IO – 240-B zabudowanego na samolocie DA20-C1 "Katana".



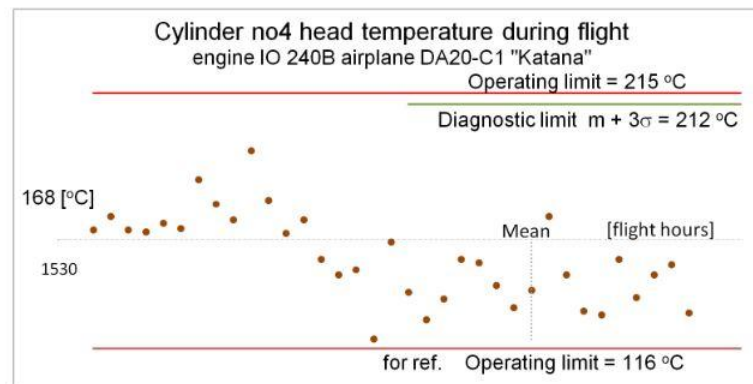
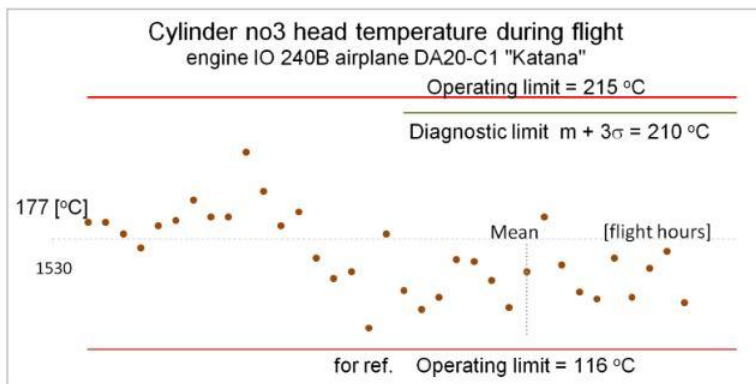
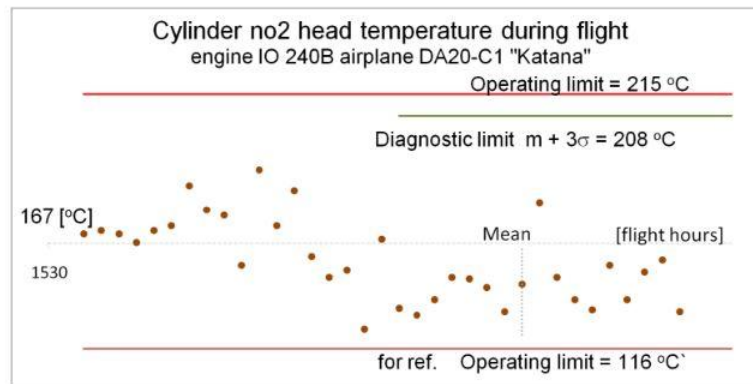
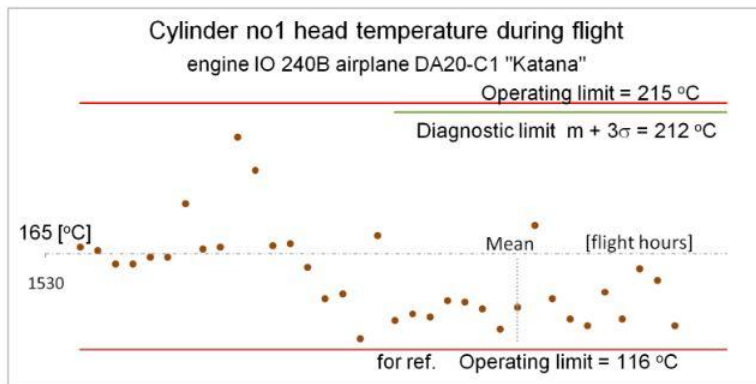


## Opinia

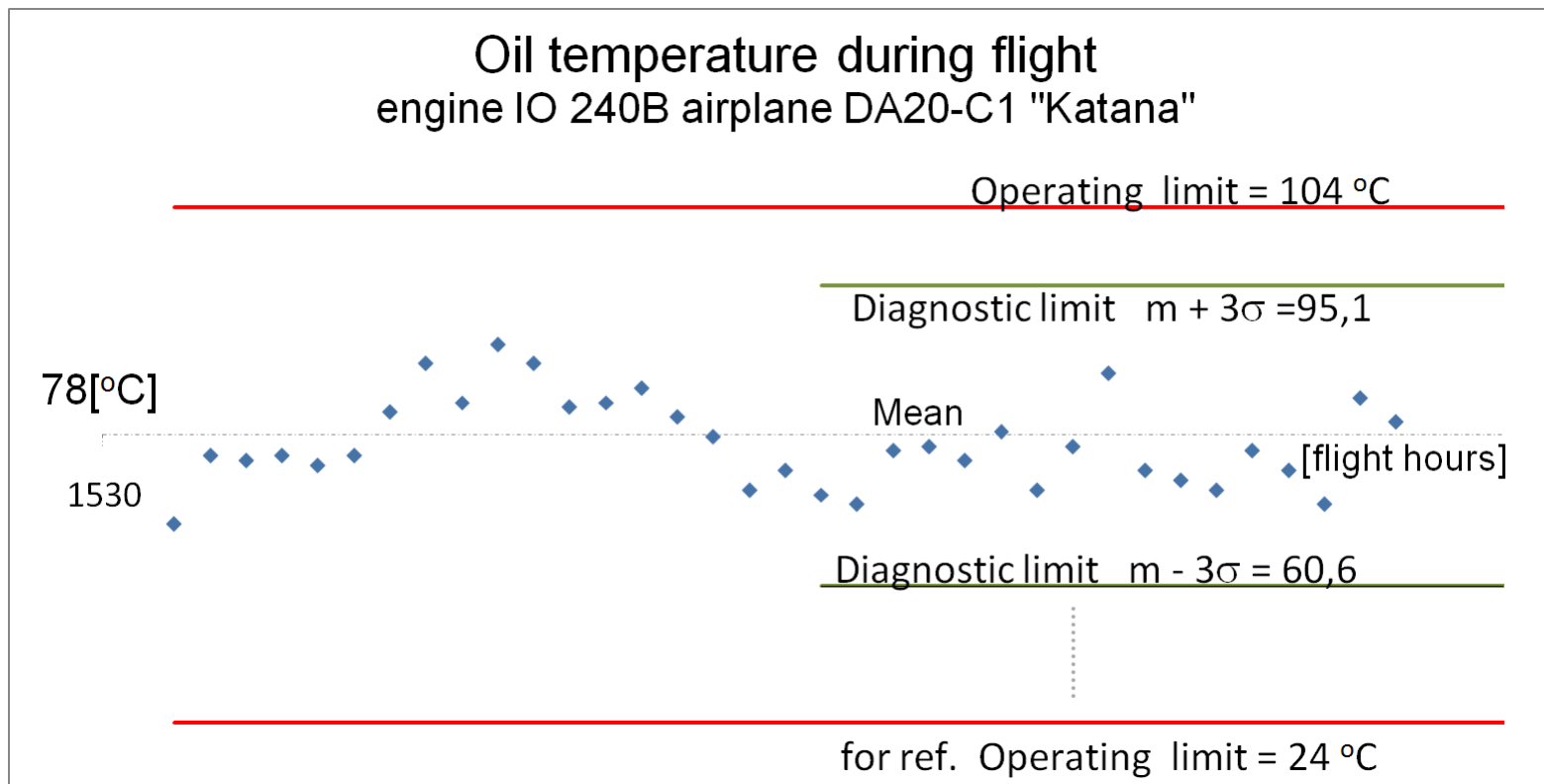
*„... Sugestię wprowadzenia metody eksploatacji silników tłokowych wg zasady oceny bieżącego stanu technicznego w naszym krajowym lotnictwie uważam za w pełni uzasadnioną i gorąco ją popieram. Skutki wdrożenia tej metody do praktyki użytkowania lotniczych silników tłokowych to nie tylko wymierne pozytywne skutki ekonomiczne dla operatorów lotnictwa ogólnego, ale i niewymierne – jak podniesienie poziomu bezpieczeństwa latania i kultury technicznej oraz poczucia odpowiedzialności służb naziemnych lotnictwa i pilotów...”.*

Prof. dr hab. inż. Stefan Szczeciński

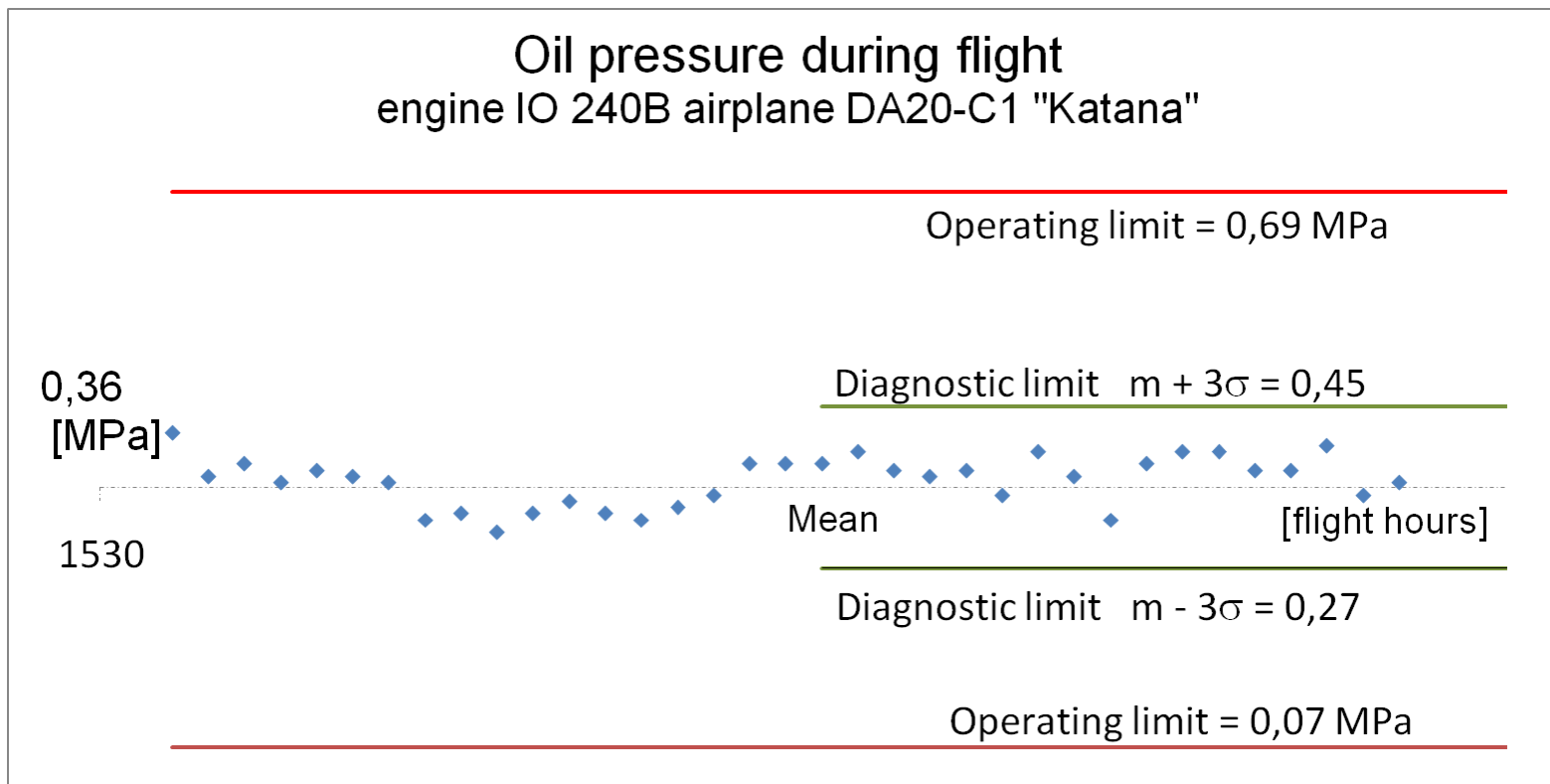
### Przykład wyznaczenia ograniczeń diagnostycznych na podstawie parametrów zarejestrowanych przez EDM-900



Przykład wyznaczenia ograniczeń diagnostycznych na podstawie parametrów zarejestrowanych przez EDM-900



Przykład wyznaczenia ograniczeń diagnostycznych na podstawie parametrów zarejestrowanych przez EDM-900



### Przykład wyznaczenia ograniczeń diagnostycznych dla wyników analizy spektrograficznej zawartości pierwiastków w oleju

