

POZYTYWNE SKUTKI ZASTOSOWANIA SILNIKÓW DIESLA W LOTNICTWIE

ZBIGNIEW T. PAĞOWSKI

Instytut Lotnictwa, Al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa
zbigniew.pagowski@ilot.edu.pl

Streszczenie

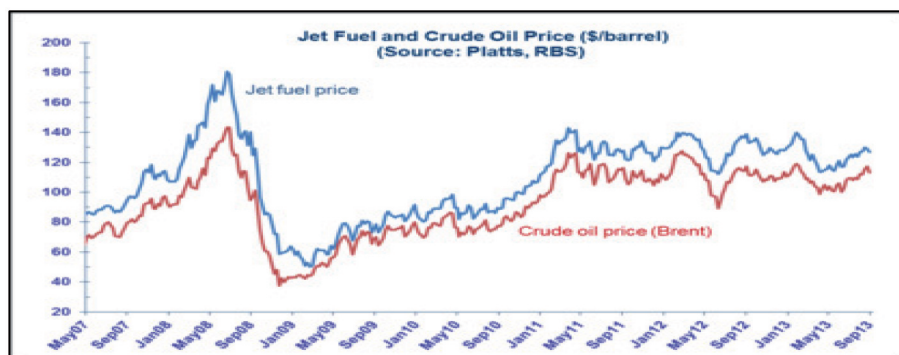
Thielert Aircraft Engines GmbH certyfikował w maju 2002 roku lotniczy silnik Diesla Centurion 1.7 w Europie przez EASA, a w rok później przez FAA w USA. Liczba użytkowanych silników Diesla zasilanych paliwem lotniczym Jet A1, trakcyjnym paliwem dieslowskim i syntetycznymi biopaliwami lotniczymi wzrasta. Wprowadzono po wielu perturbacjach do roku 2012 około 3500 silników Diesla tej firmy. Właściwości nowoczesnego silnika Diesla w stosunku do klasycznego benzynowego silnika lotniczego Otto oraz jego certyfikacja zmieniły zasadniczo sytuację na rynku napędów w lotnictwie zmierzających do zastosowania jednego paliwa dla lotnictwa komercyjnego, General Aviation oraz bujnie rozwijającego się lotnictwa bezpilotowego (UAV). Autor dokonuje przeglądu dynamicznie zmieniającej się sytuacji na rynku napędów i paliw lotniczych.

Słowa kluczowe: silniki lotnicze Diesla, paliwa lotnicze, General Aviation, UAV.

1. UWAGI WSTĘPNE – SILNIKI I BIOPALIWA

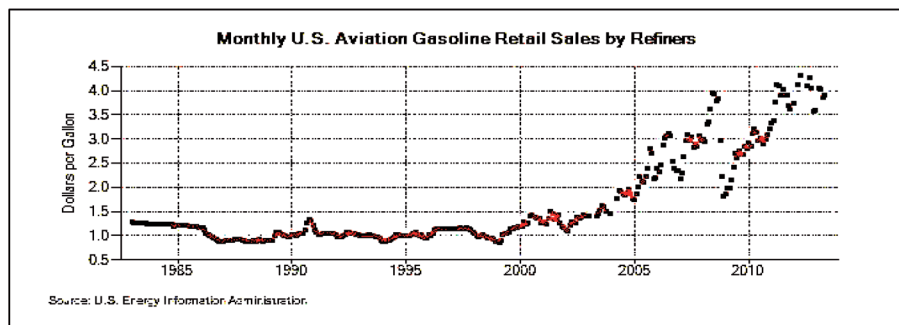
W ciągu kilku ostatnich lat w obszarze napędów lotniczych silniki Diesla kilku firm takich jak Thielert Aircraft Engines GmbH, Delta Hawk, Austro Engine, SMA + Continental spalające paliwo Jet A, trakcyjne paliwo Diesla czy syntetyczne biopaliwa nowej generacji używane w lotnictwie komercyjnym i wojskowym, zaczynają ugruntowywać swą pozycję. Pierwsza z nich, firma Thielert Aircraft Engines GmbH jako pierwsza w świecie certyfikowała w maju 2002 roku swój lotniczy silnik Diesla Centurion 1.7 w Europie przez EASA, a w rok później przez FAA w USA i ponad 60 krajach świata, ostatnio także w Chinach, Rosji i Ukrainie. Liczba użytkowanych silników Diesla powoli wzrasta. Uzupełniające Świadectwo typu Supplemental Type Certificate (STC) uzyskano na samolotach Cessna 172 i 206, Piper PA28, Robin DR400, Diamond DA40 TDI oraz DA42 Twin Star. Wprowadzono do eksploatacji do roku 2012 około 3500 silników Diesla tej firmy. Właściwości nowoczesnego silnika Diesla, a szczególnie niższe jednostkowe zużycie paliwa i niższa emisja spalin w stosunku do klasycznego benzynowego lotniczego silnika z obiegiem Otto oraz certyfikacja lotniczych silników Diesla zmieniły zasadniczo sytuację na rynku napędów w lotnictwie zmierzających do zastosowania jednego paliwa dla lotnictwa komercyjnego, General Aviation oraz bujnie rozwijającego się sektora bezpilotowych statków lotniczych (UAV). Jednym z powodów jest oczywiście niższa cena i większa dostępność paliwa lotniczego JetA1 na komercyjnych lotniskach względem benzyny lotniczej AvGas 100LL, wynikająca ze zmieniającej się ceny ropy naftowej

kształtowanej przez wyczerpujące się jej zasoby, konflikty zbrojne i społeczne oraz tzw. politykę klimatyczną jak i również nowe metody jej pozyskiwania z łupków bitumicznych. Ceny paliw lotniczych wciąż mają tendencje wzrostowe i są niestabilne. Aktualnie np. na lotnisku Okęcie ceny paliw bez akcyzy oscylują dla nafty lotniczej JetA1 wokół 3,34 zł/l, a benzyny AvGas100LL ok 7,5 zł/l, a z akcyzą odpowiednio ok. 5 zł/l i 9,5 zł/l. Podobna różnica cen na niekorzyść benzyny lotniczej występuje na całym świecie (rys.1 i 2).



Rys. 1. Zmiana cen ropy naftowej i paliwa Jet A wg. IATA

Źródło: <http://www.iata.org/publications/economics/fuel-monitor/Pages/price-development.aspx>



Rys. 2. Zmiana ceny benzyny lotniczej AvGas 100LL wg EIA

Źródło: http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=ema_eppv_ptg_nus_dpg&f=m

Kryzys syryjski spowodował, że średnie ceny ropy wzrosły do poziomu 109 \$/baryłkę. Ceny paliwa Jet A pozostają na średnim poziomie ok. 126,4 \$/baryłkę z uwagi na spadek ruchu lotniczego. Oczekuje się, że w najbliższej przyszłości będzie zbliżony poziom cen. Spore nadzieje pokłada się więc w paliwach syntetycznych produkowanych na bazie surowców roślinnych takich jak trzcina cukrowa, odpady drewniane czy mikroalgi. Specjalnie powołany zespół CAAFI - Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative współpracujący z American Society for Testing and Materials ASTM doprowadził do rewizji norm i ASTM opublikowało w październiku 2009 roku normę na paliwo lotnicze z 50% dodatkiem syntetycznego biopaliwa do paliwa Jet A: ASTM D7566 – 10a: „Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons”, odpowiadającą normie wojskowej: MIL-DTL-83133F(2008) w oparciu o proces Fisher –Tropscha (FT) dopuszczający użycie roślin oleistych jak lnianka (camelina), jatropha, algi etc. Następnie uzupełniono te normę w 2011 roku o dodatek dopuszczający kolejny proces chemiczny Hydroprocessed Esters and Fatty Acids tzw. HEFA lub Hydrotreated Renewable Jet tzw.HRJ.

Oczekuje się, że generalna certyfikacja nowych syntetycznych biopaliw II generacji będzie kontynuowana w latach 2013-2015. Planuje się także użycie metod inżynierii genetycznej, za pomocą specjalnie zaprojektowanych enzymów lub tzw. biokatalizatorów, co znacznie obniży koszty produkcji i spowoduje znacznie niższe ceny lotniczych paliw płynnych. Stosowne doświadczenia wykonują firmy biotechnologiczne Amyris Biotechnologies, Laxness. KiOR, BuOGY, GERO, ARA czy Virent. Wytycza się „mapę drogową” rozwoju nowych czystych paliw. Interesujące prace podejmuje szereg organizacji, firm a także organizacji państwowych. Wg European Advanced Biofuels Flightpath 2M ton biopaliw min. z lnianki (*camelina sativa*) będzie produkowane w Europie do 2020 roku. Pracom tym przewodniczy ICAO, Airbus, TAROM, Camelina Company Espana, UOP Honeywell Company i Uniwersytet w Manchesterze. Współpracę z tym zespołem nawiązał także Instytut Lotnictwa i jego partnerzy w poprzednich projektach z lat 90-ych związanych z lnianką i wkrótce będą omawiane następne projekty z naszym udziałem. Kolejnym elementem jest także używanie technologii plazmowej NASA np. w firmie Solena Group do przekształcania odpadów miejskich w gaz do syntezy biopaliw. Rozpoczęto stosowny proces inwestycyjny w Londynie, przekształcający 500 000 ton odpadów dzięki technologii plazmowej w 16 mln gal BioJet A1, 17 000 gal bioDiesla i 20 MW energii elektrycznej na rok! Po prezentacji technologii firmy Solena w ramach publicznej debaty ”Kierunek Czyste Niebo” w maju 2010 roku w Warszawie rozmowy w tym zakresie prowadzone z władzami miasta Warszawy zamrożono. Wiele faktów wskazuje na poza techniczne przyczyny związane z eliminacją starych technologii unicestwiania śmieci przez spalanie. Nie ustają także prace nad syntetycznym zamiennikiem benzyny lotniczej AVGas 100LL. Syntetyczna benzyna firmy Swift uzyskała przy współpracy z firmą Teledyne Continental i Hawker Beechcraft dobrą ocenę na samolocie Bonanza G36. Ułatwia przyszłe badania i konkurencję paliw syntetycznych z paliwem JetA norma ASTM D7719 „Standard Specification for High Octan Unleaded Test Fuel”. Stowarzyszenie pilotów AOPA i Piston Aviation Fuels Initiative (PAFI) spodziewa się, że jeden lub kilka zamienników tego paliwa będzie już certyfikowane do roku 2018. Interesującym napędem staje się także napęd elektryczny samolotów. Nasi czescy sąsiedzi z południa w marcu 2013 roku przeprowadzili pierwszy pomyślny 30-minutowy lot samolotu elektrycznego SportStar EPOS (Electric POvered Small Aircraft) wyposażonego w 50 KW silnik elektryczny RE X90-7 czeskiej firmy Rotex oraz 45 litowych baterie polimerowo-litowe firmy KOKAM. Samolot może latać z maksymalną prędkością dochodzącą do 260 km/h i czasem lotu do 1 godziny. Wydaje się jednak, że każdy rodzaj silnika będzie miał swoją niszę, którą będzie starał się najlepiej zagospodarować. Z dostępnego wykazu „Rejestr Cywilnych statków powietrznych 2010 r” wydanego przez Urząd Lotnictwa Cywilnego wynika, że w Polsce na około 1020 samolotów prywatnych w obszarze General Aviation znajduje się kilkanaście samolotów firmy Diamond z silnikiem Diesla. Na świecie liczba ta rośnie i aktualnie ilość wyprodukowanych silników Diesla przekroczyła kilka tysięcy sztuk. Nie jest to jednak liczba imponująca, a firma Centurion Aircraft Engines, następczyni firmy Thielert (3500 sztuk w 2012!) znajdująca się na progu bankructwa w lipcu 2013 stała się częścią Continental Motors, Inc. zarządzanej przez Aviation Industry Corporation of China, co zmienia jej sytuację finansową i możliwości sprzedaży silników, jak się przewiduje także w bezpilotowych militarnych zastosowaniach, głównie w Chinach.

2. SILNIKI DIESLA W EKSPLOATACJI

Firma Thielert w początkowym okresie zdobyła rynek dla około 1500 silników 4 cylindrowych o pojemności około 1,7 l (Ø80 x 84 mm) i mocy 135 KM (99kW) opartych o silnik samochodowy firmy Mercedes OM 668. Rychło jednak popadła w kłopoty z wielu powodów związanych ze złym zarządzaniem przez założyciela firmy, którego zwolniono, wysokie ceny części zamiennych, obowiązkowe przeglądy i wymiany wybranych elementów, włącznie z dostarczaniem silników do

firmy w Niemczech w celu dokonania przeglądu okresowego TBO (Time Between Overhaul), co spowodowało spadek zaufania do silników Diesla i szerokie dyskusje wśród użytkowników samolotów, pilotów i perturbacje włącznie z ogłoszeniem niewypłacalności firmy. Ponieważ sytuacja wytworzyła niebezpieczne zagrożenie dla producenta samolotów Diamond w samolotach tych zastosowano wkrótce silniki AE300 także austriackiego producenta nowopowstałej firmy Austro Engine. Natomiast wkrótce zreformowana firma Thielert wprowadziła w 2006 roku certyfikowany, kolejny 4 cylindrowy silnik Centurion 2.0 o zwiększonej pojemności do 2 l i tej samej mocy 135 kW co jego poprzednik, oparty o zmodernizowany samochodowy firmy Mercedes Benz A 200 CDI. Odbudowa zaufania do silników Diesla następuje krok za krokiem, ponieważ na kłopoty Thielerta nałożył się także istniejący kryzys w gospodarce światowej, powoli aktualnie ustępujący. Firma Thielert już jako dokapitalizowany Centurion Aircraft Engines stale pracowała nad poprawą jakości silników. Aktualnie TBO dla silników Centurion 2.0 wynosi 1,5 tysiąca godzin, z tym, że przewiduje się po współpracy z Continental Motors, Inc. już pod nową nazwą Technify Motors GmbH nastąpi wzrost TBO do około 2000 lub 2400 godzin, a inspekcji/wymiany przekładni z 300 do 600 godzin. Jak podają liczne relacje prasowe silniki Centurion mają obecnie wylatane 3 700 000 godzin i są obsługiwane przez autoryzowaną sieć globalną ponad 350 punktów obsługi. W Polsce autoryzującą na wymianę zespołu napędowego w samolotach Cessna 172 i Piper PA 28 na silnik Centurion posiada firma JB Investments, ulokowana na lotnisku zlokalizowanym ok. 15 km od Warszawy na terenie gminy Konstancin Jeziorna. Prowadzone będzie także współpraca globalna w ramach AVIC (Aviation Industry Corporation of China) nad nowym samolotem z firmą Vulkanair strategicznym odbiorcą silników Diesla produkowanych przez Continental Motors Group, która ma w swojej ofercie jeszcze lotniczy silnik Diesla TD 300 oparty o licencję z francuskiej firmy SMA. Firmy walczą o wprowadzenie jak największej nowych jednostek do samolotów GA i UAV na całym świecie. Samolot Diamond z nowym silnikiem AE300 firmy Austro engine, następca silników Thielerta w samolotach Diamond ma w eksploatacji mniej kłopotów. Podstawowe różnice tych najbardziej aktualnie rozpowszechnionych lotniczych silników Diesla pokazano w tabeli 1.

Tab.1. Podstawowe dane techniczne silników AE300 i Centurion2 stosowanych w samolocie Diamond

Silniki	AE 300 (4 series)	Centurion 2.0
Kraj produkcji/właściciela	Austria/Austria	Niemcy/Chiny
Firma	Austro Engine	Technify Motors GmbH (dawniej Thielert)
Poj. [L]	2,0	2.0
Średnica X skok [mm]	83x92 mm	83x92 mm
Il. suwów [-]	4	4
Ne [kW/kW]	123,5/168	135/99
N l/min	3880	3900
ϵ [-]	16	18
Ilość cyl.	4	4
Wtrysk	Bezpośredni z systemem Common Rail/FADEC	
Ciężar[kg]	185	134
TBO [h]	1500	1500
Wymiary	738x855x575	778 x 816 x 636
Minimalne jednostkowe zużycie paliwa g/kMh	198	214

W tabeli 2 podano jego zalety eksploatacyjne w porównaniu z silnikami Centurion, stanowiącymi napęd austriackich samolotów Diamond DA-40, DA-42 i nowo wprowadzanych wersji DA-50 Magnum.

Tab. 2. Porównanie zalet eksploatacyjnych silników Centurion i AE 300

Przegląd (godzin)	Centurion 2.0	AE300
100	Wymiana oleju	Wymiana oleju
300	Przekładnia, sprzęgło	Przekładnia olej
600	Pompa wtryskowa, regulator ciśnienia, sprzęgło*	Pompa wtryskowa
900	Łańcuch rozrządu	-
1200	Alternator *	-
1500	Wymiana silnika ok. 40 000 USD	Przegląd silnika, wymiana przekładni ok. 22 000USD
Zastosowany w samolotach	Cessna 172 i 206, Piper PA28, Robin DR400, Diamond DA40 TDI, DA42 Twin Star	Diamond DA42NG i DA40NG

* tzw. części o ograniczonej żywotności – life-limited parts

Należy dodać, patrz tabela nr 3, że silniki Diesla poprawiają znacznie efekty ekologiczne eliminując ołów i zmniejszając emisję dwutlenku węgla CO₂, tlenku węgla CO, węglowodorów HnCm, sadzy S/cząstek stałych PM przy zbliżonym poziomie tlenków azotu NOx spełniając wymagania ICAO.

Tab. 3. Emisja i zużycie paliwa silników pracujących wg Obiegu Otto i Diesla w czasie cyklu LTO (start i lądowanie) wg FOCA [1]

Emisja i zużycie paliwa w czasie cyklu LTO (start i lądowanie) wg FOCA							
Typ silnika lotniczego	Rodzaj paliwa	Paliwo (kg)	CO (g)	HC (g)	NOx (g)	S (M)* (g)	Ołów (g)
Silnik Otto	AVgas 100LL	3,2	2397	47	28	0,17	2,5
Silnik Diesla	Jet A1	1,6	19	5	30	0,09	0,0

* dane obliczeniowe

Wg firmy Great Lakes Diamond Aircraft Sales w Ameryce Północnej wśród wyprodukowanych samolotów DA42 silniki Lycominga używa 8%, AE 300 21%, a silników Centurion 71% właścicieli. W sumie silniki AE 300 wylatały 200 000 godzin. Wyprodukowano ich 580. Silnik ten także 2 litrowy ma większą moc 170 KM (127 kW) i mniejsze zużycie paliwa. Ponadto w eksploatacji kontrolowanej znajduje się kilka pojedynczych egzemplarzy silników Diesla z firm Delta Hawk, Raikhlín Aircraft Engine Developments (RED), TEOS Powertrain Engineering, Wilkisch Airmotive, Diesel Air Limited, Powerplant Developments Limited. Duża liczba silników niektórych firm jak Delta Hawk ma zastosowania militarne, ale nie podawana jest statystyka. Zastosowano je także w prototypowym helikopterze australijskiej firmy Delta Helicopter, która podaje o możliwości używania go w wersji zasilanej 100% biopaliwem lotniczym. Nie ma informacji od kilku lat, co się dzieje z silnikami Diesla z firm: Zoche, Raptor Turbo Diesel, ECO Motors, Costruzioni Motori Diesel of Atella, BRD SrL of Italy Developments GmbH, RED Aircraft GmbH in Adenau.

3. PRACE ROZWOJOWE - NOWE KONSTRUKCJE

Pierwszy dojrzały konstrukcyjnie lotniczy silnik Diesla (Junkers F03 o mocy 830 KM (619 KM)/1200 1/min) powstał w roku 1926, a kariera jego dopracowanych następców (Junkers Yumo 4 -7) zakończyła się wraz z wprowadzeniem do powszechnej komunikacji lotniczej i wojska turbinowych silników odrzutowych. Obecnie coraz większy udział zajmowany przez silniki Diesla

w nowych samolotach General Aviation dochodzący do 50%, a w niektórych konstrukcjach do 90% sprzyja pracom rozwojowym podejmowanym w różnych firmach, tworzących często nowe alianse. Wspomniana firma Austro Engine prowadzi prace rozwojowe wraz z firmą silnikową Steyr nad 280 konnym silnikiem dla samolotu DA 50 Magnum i silnikiem o mocy 170 KM dla samolotów DA40 Diamond. Nie ustaje w pracach jej konkurencja. Silniki Centurion wzbogacają swoją ofertę o kolejne silniki jak silnik Centurion 2,0s o mocy zwiększonej do 114 kW (155KM) i silnik Centurion 4.0 w wersji V8 o mocy 257 kW (350KM). Wśród nowych konstrukcji warto zauważyć prezentowany także w Polsce silnik Diesla Trident zaprojektowany przez grupę specjalistów francuskich w firmie Danielson Aircraft Systems specjalnie dla znajdującej coraz większe zastosowanie grupie samolotów bezpilotowych. Był to 3 cylindrowy silnik z klasycznym systemem wtryskowym o mocy 75 i 100 KM. Obecnie oferowana jest także wersja o mocy 180 KM (132.5 kW) – Trident TD 180 z dwustopniowym doładowaniem, całkowicie mechanicznym systemem wtrysku i bardzo małej masie suchego silnika 115 kg. Silnik ze śmigłem całkowicie wypełniony płynami i przygotowany do lotu osiąga wagę 165 kg, co czyni go zamiennikiem do większości eksploatowanych silników lotniczych Otto. Interesujące prace nad dwusuwowym silnikiem Diesla o modułowej konstrukcji z przeciwbieżnymi tłokami prowadzi firma FAIR Diesel wspomagana przez TARGON-GEAN Overseas, Inc. Coraz większe zainteresowanie wzbudza montaż silników V4 firmy Delta Hawk, zmierzający do uzyskania STC, na różnych konstrukcjach jak np. flagowym amerykańskim samolocie General Aviation Cirrus czy australijskim helikopterze Delta D2. Nowa firma Engineered Propulsion Systems of New Richmond w stanie Wisconsin prowadzi prace nad prototypem 4.4 litrowego chłodzonego cieczą silnika o mocy 350 do 400 KM zasilanego jak wspomniane lotnicze Diesle paliwem Jet A1 i paliwem dieslowskim trakcyjnym. Stanowić ma on konkurencję dla silników Continental 550 and Lycoming 540 począwszy od roku 2016. Na samolocie Jak 52 pierwsze sukcesy odnosi 12 cylindrowy 6 litrowy silnik Diesla RED A03.

4. PODSUMOWANIE

Silniki Diesla w lotnictwie są nośnikiem nie tylko korzyści ekonomicznych, ale i korzyści dla środowiska naturalnego posiadając możliwość zastosowania syntetycznych biopaliw lotniczych typu JetA1. Nowoczesne technologie wtrysku i spalania paliwa wsparte elektroniczną ich kontrolą zmniejszają znacznie emisję i 30-40% zużycie paliwa przez samolot, a w stosunku do silników turbinowych nawet o 70% i skutecznie eliminują z obszaru paliw benzynę lotniczą ołowiową AVgas 100LL. Piloci cenią sobie także niższy hałas, jako rezultat stosowania dwustopniowego turbodoładowania w lotniczym silniku Diesla generalnie pracującym także przy niższych prędkościach obrotowych niż silniki benzynowe. Przekonuje się do nich coraz więcej większych producentów samolotów jak np. Cessna, ale i właściciele samolotów dokonujący wymiany silników benzynowych na silniki Diesla, mimo wspomnianych kłopotów urodzeniowych. Jakkolwiek trwają także prace rozwojowe nad małymi silnikami turbinowymi o poprawionych parametrach ekonomicznych np. w programie europejskim ESPOSA – Efficient Systems and Propulsion for Small Aircraft, gdzie samolot konstruowany w Instytucie Lotnictwa I-23 „Manager” był demonstratorem samolotu osobowego z napędem turbośmigłowym (I31T). Jak zauważają w USA, nie należy jednak spodziewać się gwałtownych zmian, ponieważ większość właścicieli nie używa samolotu więcej niż 60-80 godzin w ciągu roku, najczęściej w okresie wakacyjnym. Należy się spodziewać i potwierdzają to unenuncjacje medialne, że silniki Diesla znajdą swoją niszę tam, gdzie np. nalot roczny będzie większy jak niż np. 600 godzin jak w szkołach pilotów, akademiach wojskowych lub nowych przedsiębiorstwach transportowych, wykorzystujących do transportu pasażerskiego General Aviation.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AIRCRAFT PISTON ENGINE EMISSIONS SUMMARY REPORT no 33-05-003 Piston Engine, 2007, *Federal Office of Civil Aviation (FOCA), Environmental Affairs*.
- [2] Alton K. Marsh, 2013, China buys Thielert diesel engine company out of bankruptcy, AOPA
- [3] Alton K. Marsh, 2013, "Will we all be flying diesels? The revolution is mostly outside the United States", <http://www.aopa.org/News-and-Video/All-News/2013/August/1/Will-we-all-be-flying-diesels.aspx>
- [4] Bauldreay J., 2012, Alternative Fuels – Alternatives & Production, *Greening and independence from fossils fuels*, Frankfurt Airport, 8 October 2012.
- [5] Bertorelli P., 2013, "Continental Motors: Diesel Improvements Already Afoot, AVWeb", <http://www.avweb.com/avwebflash/news/Continental-Motors-Diesel-Improvements-Already-Afoot220288-1.html>
- [6] Boeing Central & Eastern Europe, 2010, Kierunek Czyste Niebo.
- [7] Coppinger B., 2010, "The future is electric for general aviation", *Flight International*.
- [8] Dimitriu D. and Eychenne F., 2011, "The Romanian Camelina Value Chain: Case study on Land Use Change", ICAO, MCanada. http://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalWorkshops/Documents/2011-SUSTAF/19_Dimitriu-Eychenne.pdf
- [9] Flottau J., 2013, "AVIC Buys Thielert Aircraft Engines", Aviation Week http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/awx_07_23_2013_p0-599763.xml
- [10] Naumienko B. i Rarata G., 2010, „Aktualne potrzeby i możliwości wytwarzania paliwa typu Bio Jet”, Prace Instytutu Lotnictwa, 206, s. 103-112.
- [11] Pągowski Z., 2006, „Nowe wyzwanie dla silników Diesla – helikopter !”, Prace Instytutu Lotnictwa, 194/195, s. 74-82.
- [12] Piwek K., Iwaniuk A. i Gnarowski W., 2010, "The European Personal Air Transportation System (EPATS) study project: a systematic approach to a personal air transport based on small aircraft and small local airports in Europe", Prace Instytutu Lotnictwa, 3(205), s. 133-158.
- [13] Piwek K., 2012, "Small Aircraft Transport as a new component of the European Air Transport", *Innovation for sustainable Growth in Global Environment*, IOS Press, str. 376-382.
- [14] Wiśniowski W., Kalina P., 2015, „Silniki spalinowe w Instytucie Lotnictwa”, *Combustion Engines*, Vol. 162, Issue 3.
- [15] Strony internetowe różnych firm:
<http://www.centurion-engines.com/typo3/index.php?id=56&L=1>
http://austroengine.at/uploads/pdf/mod_products1/AE300_Technical_Data_Sheet.pdf
<http://www.vulcanair.com/>
<http://www.experimentalaircraft.info/homebuilt-aircraft/aircraft-diesel-manufacturers.php>
<http://www.steyr-motors.com/news/news-single/steyr-motors-and-austro-engine-form-development-partnership-for-280hp-6-cylinder-aircraft-engine/b3cba3e7eddf7ed04ee7fd0811f582aa/>
<http://www.greatlakesdiamond.com/how-many-da42s-are-operating-in-north-america/>
<http://www.fairdiesel.co.uk/technical.htm>
<http://www.deltahawkengines.com/index.shtml>
<http://www.red-aircraft.com/>
<http://www.evektor.cz/en/sportstar-epos.aspx>
<http://www.danielson-eng.fr/en/danielson-company-120.html>
<http://www.esposa-project.eu/en/efficient-systems-and-propulsion-for-small-aircraft-2.html>
- [16] Traverso M., 2013, "10 electric planes to watch", *IEEE Spectrum*,

- [17] Taghavi R., 2013, Emissions Testing & Performance Evaluation of Aircraft Diesel, <http://www.kutri.ku.edu/research/project/rtaghavi.html>
- [18] Urząd Lotnictwa Cywilnego, 2010, „Rejestr Cywilnych statków powietrznych 2010 r”. http://www.ulc.gov.pl/download/publikacje/rejestr_2010.pdf
- [19] Underwood Sean Ch., 2008, Performance and Emission Characteristics of an Aircraft Turbo Diesel Engine using JeTA, *UMI Microform*.
- [20] Wentzler S., 2012, Centurion: “A Decade of Diesel Aircraft Engines, Press Realise”, *Centurion Aircraft Engines AG & Co. KG*.
- [21] Wentzler S., 2012, “Centurion: Installation Certified for Cessna 172 in Ukraine, Press Realise”, *Centurion Aircraft Engines AG & Co. KG*.
- [22] Wiśniowski W., 2009, EC Agenda for Sustainable Future in General and Business Aviation – Regional Cooperation Initiative. EREA BM20 - Meudon.
- [23] Wiśniowski W., 2014, „XX lat programu samolotów lekkich i bezpieczeństwa (PSLiB)”, *Prace Instytutu Lotnictwa*, **3**(236), s. 7-25.

POSITIVE EFFECTS OF DIESEL ENGINE USE IN AVIATION

Abstract

The Thielert Aircraft Engines GmbH certified in May 2002 Air Centurion 1.7 Diesel engine in Europe by EASA, and a year later in the United States by the FAA. The number of exploited Diesel engines fueled by Jet A1, Diesel fuel and synthetic biofuels is increasing. After many perturbations about 3,500 Diesels were introduced till year 2012. The characteristics of modern Diesel compared to gasoline regular aircraft Otto engine and its certification considerably changed the market situation in aviation propulsion oriented to use one type of fuel for commercial aviation, General Aviation and vigorously developing unmanned aviation (UAV). The author reviews the current rapidly changing situation on the market of aviation propulsion and aviation fuels.

Keywords: aviation Diesel engines, aviation fuels, General Aviation, UAV.