



## PIAȚA PENTRU TURBOMOTOARE PARE SĂ AIBĂ O PERSPECTIVĂ DEOSEBITĂ

de LEE S. LANGSTON

Afacerile cu aeronave comerciale sunt în plină expansiune, folosindu-se toate metodele de acaparare ale pieței.

Airbus a livrat 635 de aeronave comerciale în 2015, în timp ce Boeing au depășit 762.

Cei doi producători giganti de aeronave au onorat mai mult de 1800 de comenzi anul trecut, rămânând cu restanțe de mai mult de 12.000 de aeronave, conform Aviation Week & Space Technology.

Împreună cu livrările de anul trecut, comenzile curente de aeronave sunt echivalentul înlocuirii a aproximativ două treimi din flota estimată de transport aerian la nivel mondial.

Având în vedere ritmul actual de producție, vor fi necesari aproximativ zece ani pentru recuperarea întârzierilor. Având în vedere că durata de viață a aeronavelor este de zeci de ani – Forțele Aeriene ale SUA utilizează B-52S construit la începutul anilor 1960 - este normal să ne întrebăm de ce apare această grabă pentru a înlocui flota comercială din lume.

O parere aparține lui Steven Udvar-Hazy, care a dat un interviu la AW&ST în 2007, în timp ce încă era CEO al International Lease Finance Corporation, lider în închirierea de aeronave comerciale echipate cu motoare turbojet către liniile aeriene.

Udvar-Hazy a cărui donație de 65 milioane de dolari a finanțat o anexă a Smithsonian Air și Space Museum la Dulles Airport Washington, a precizat că înlocuirea avioanelor comerciale existente se bazează mai mult pe tehnologia de fabricare a motorului decât orice altceva.

În cazul în care noua tehnologie de fabricare a motorului ar putea oferi o îmbunătățire de două cifre a costurilor directe de exploatare asupra a ceea ce plăteau companiile aeriene, acesta ar fi un argument convingător pentru a face modernizarea.

Industria de motoare pentru avioane comerciale a îndeplinit provocarea Udvar-Hazy.

Noile motoare produse și comercializate sunt mai silențioase și mai eficiente din punct de vedere al consumului de combustibil decât generațiile anterioare.

Acestea vor reduce consumul de combustibil cu mai mult de 15 % (cu o reducere de 20 % promisă în viitorul apropiat), pentru o companie aeriană cu costuri directe majore de operare, astfel compensând cele două cifre de îmbunătățiri procentuale.

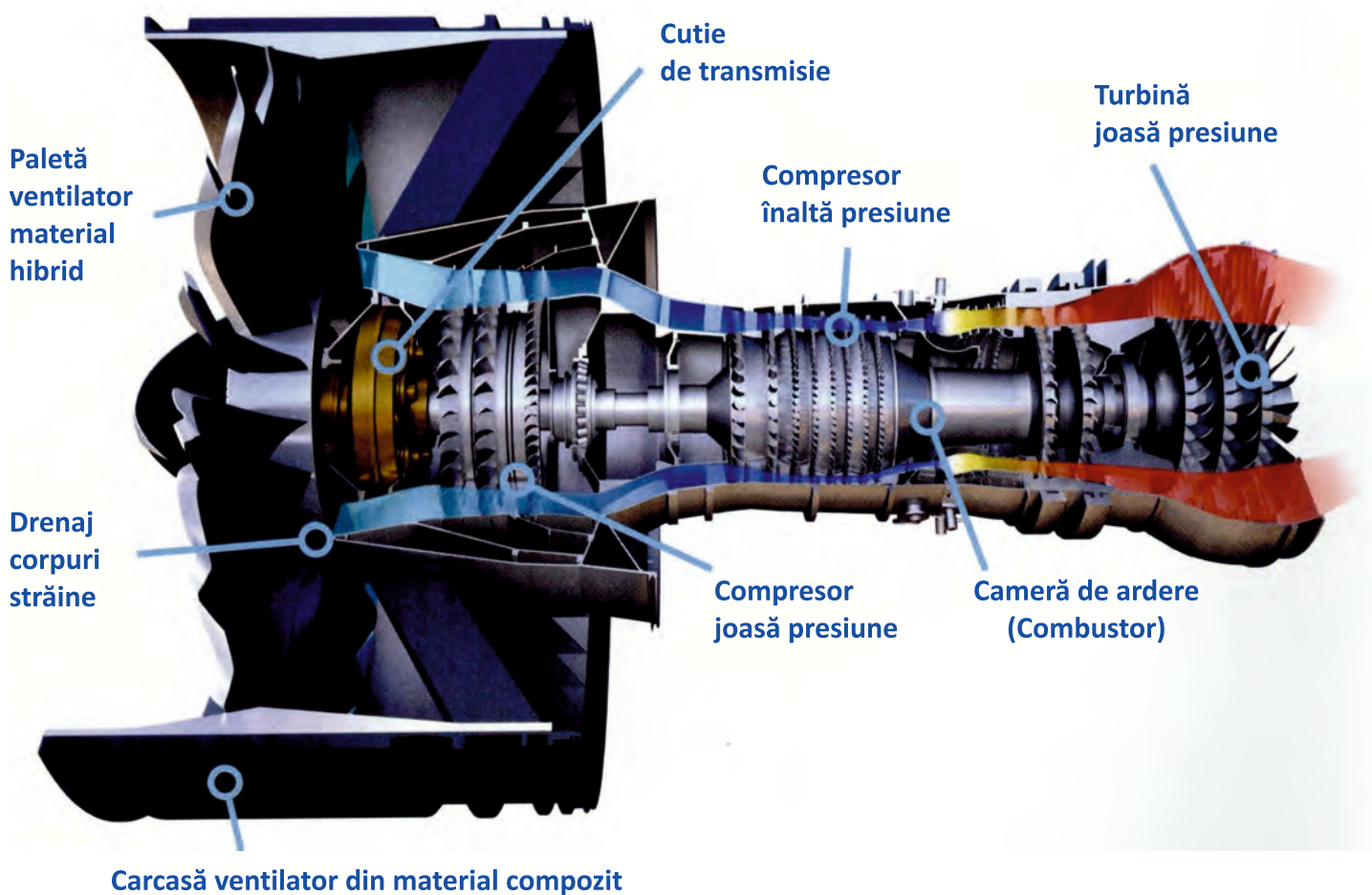
Este o realizare suficientă pentru a putea vedea un avans dificil în ceea ce ar putea părea ca o tehnologie matură.

### MOTOARE “DE AUR”

Construcția motoarelor pentru aeronavele comerciale echipate cu motoare turbojet este cel mai mare segment de piață pentru industria de turbine cu gaz, dar este departe de a fi singurul. Pentru a obține o imagine completă a industriei și modul în care a evoluat, mă întorc în fiecare an, la Forecast International din Newtown, Conn., care utilizează modele computerizate și o vastă bază de date pentru a calcula imaginea financiară pentru piețele atât din domeniul aviației cât și non aviație. FI a calculat valoarea producției pentru fabricarea de turbine cu gaz, pe care compania o consideră mai precisă decât vânzările raportate, între 1990-2015, și a previzionat valori până în 2030.

Aceste cifre spun o poveste. Raportul financiar FI arată că valoarea la nivel mondial a producției de turbine de gaze a fost de 63 de miliarde de dolari în 2015, sub cei 81.4 miliarde dolari în 2014. Valoarea producției de turbine cu gaz pentru aviație a fost de 63 de miliarde de dolari în 2015, aceasta piață a fost împărțită în turbomotoare militare, cu o producție în valoare de 8,1 miliarde de dolari, și motoare pentru aviația comercială, a cărei producție a fost în valoare de 54.9 miliarde de dolari. Concluzionând, producția pentru aviație a însumat mai mult de trei sferturi din piața motoarelor cu turbine cu gaz.

## TURBOVENTILATOR CU REDUCTOR DE TURAȚIE PW1100-G PRATT & WHITNEY



(Restul pieței este reprezentat din turbine cu gaze care nu fac parte din domeniul aviației - produse pentru a furniza energie electrică, sau ca acționări mecanice în aplicații, cum ar fi comprimarea în rețelele de conducte de gaze naturale, și propulsia marină.)

Valorile prezentate în FI ținând seama de istoria producției cât și de previziuni, arată o creștere constantă monotonă pentru segmentul de aviație care începe aproximativ în 2003 și până în 2030.

Piața de motoare pentru avioane cu o singură destinație cum ar fi familiile Boeing 737 și Airbus A320 a fost cea mai profitabilă. Fiecare aeronavă din această clasă este propulsată de câte două motoare între 20,000- 30.000 pound, produse fie de CFM International (un joint-venture între General Electric și Snecma) sau International Aero Engine (un parteneriat condus de Pratt & Whitney). Atât GE și P&W au motoare noi de înaltă eficiență pe piața aeronavelor cu o singură destinație. Noul motor pentru aeronavele cu o singură destinație CFM International este un turboventilator GE denumit LEAP, prescurtare de la Leading Edge Aviation Propulsion. În comparație cu CFM56, actualul lider de piață, LEAP are un raport mai mare de comprimare, un ventilator compozit din fibra de carbon cu diametru mai mare, și un raport de compresie

mai mare. LEAP a avut primul său model atestat anul trecut, iar acum sunt comandate aproximativ 10.000 de bucăți.

LEAP va fi primul motor produs folosind materiale compozite cu matrice ceramică pe traseul de gaz. Caracteristicile acestui material (CMC = compozite cu matrice ceramică) este matricea realizată dintr-un material ceramic încorporat între fibre. Materialele din fibre tipice includ carbură de siliciu și sunt utilizate, în principal sub formă de componente ale matricei. Având greutatea aproximativ o treime din greutatea aliajelor rezistente la temperaturi ridicate, CMC-urile sunt atât de performante încât pot rezista la temperaturi mai ridicate decât cele ale metalelor pe care le înlocuiesc. LEAP va utiliza CMC-uri în învelișul protector al turbinei de înaltă presiune pentru prima etapă. (Am scris despre această utilizare a CMC-urilor în ediția din martie 2016.)

GE extinde aplicarea CMC-urilor la motorul său GE9X de 100.000 de pound, acum în curs de dezvoltare pentru aeronava Boeing 777X și programat să intre în funcțiune în 2020. Acesta va cuprinde într-o primă etapă tuburi de combustie, statoare turbină de înaltă presiune și învelișuri din CMC.

Între timp, Pratt & Whitney a dezvoltat un nou motor cu o singură destinație, începând cu anii 1980. Acum, pe piață, PW1000G este un turboventilator cu reductor de turație. Are un angrenaj planetar, care reduce turația ventilatorului, ceea ce conduce la reducerea nivelului de zgomot al motorului și permite o economie mai mare de combustibil.

Primul client pentru un turboventilator cu reductor de turație Pratt este Lufthansa, care zboară cu aeronava de pasageri Airbus A320neo propulsată de motoare PW1100-G, între orașe germane. Rapoartele inițiale indică faptul că turboventilatoarele nu îndeplinesc doar cerințele de combustibil, fiind de asemenea și mai silențioase. Zgomotul caracteristic unui motor cu reacție a fost înlocuit cu fâșâitul ventilatorului, iar pasagerii au raportat că nu au auzit zgomotul motorului odată ce ușile cabinei sunt închise înainte de decolare.

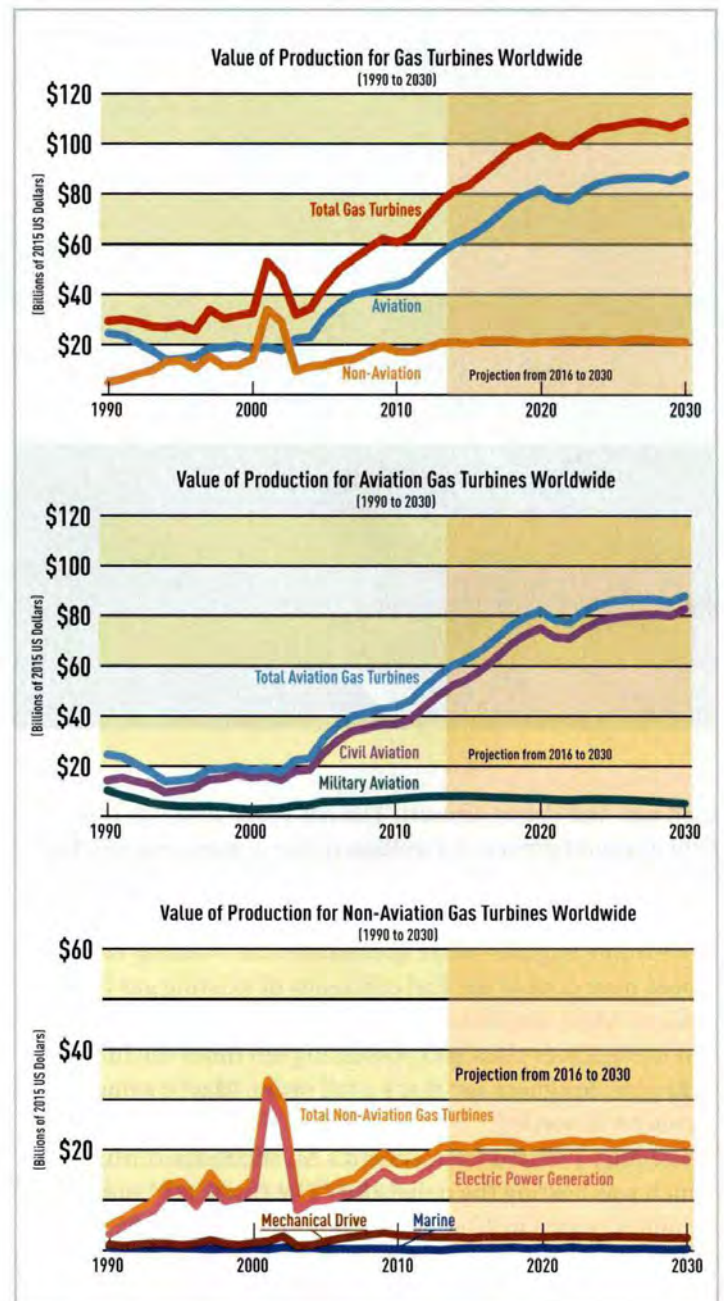
Cu decenii în urmă, Pratt & Whitney (cunoscut atunci ca Pratt & Whitney Aircraft pentru a evita confuzia cu mai vechea companie din Connecticut de mașini unelte, cu același nume) a avut un motor așa- numit "de aur", care a dominat piața aeronavelor cu o singură destinație. Cu toate acestea, de-a lungul timpului, JT8D Pratt a fost înlocuit de CFM56 GE-Snecma, care are mai mult de 25.000 de unitati în funcțiune, începând din anul 1974. Pratt a investit mai mult de 1 miliard \$ în peste două decenii pentru a dezvolta tehnologia cu reductor de turație pe care turboventilatorul o va utiliza la următorul său motor "de aur". Până în prezent, Pratt raportează că are mai mult de 7.000 de comenzi pentru motoarele sale din seria PW1000G.

## STIMULENTE SUPLIMENTARE

Celălalt segment al pieței aviatice, este cel al motoarelor reactive produse pentru aeronave militare, reprezentand o parte esențială a industriei în ciuda valorii sale, relativ mici a producției. Tehnologia avansată dezvoltată pentru programele militare – din punct de vedere istoric, aceasta incluzand suprafețe de răcire și palete de turbine monocristal – s-au aplicat și în alte domenii ale turbinelor cu gaz.

În 2015, programul de motor F135 Pratt & Whitney pentru Lockheed Martin F-35 Joint Strike Fighter a dominat segmentul militar. Acum, în producție, F135 este un motor din clasa 3.600 °F (1,982 °C), a cărui tehnologie de pentru a rezista la temperaturi ridicate ar trebui să conducă la motoare comerciale mai eficiente în viitor. Pratt & Whitney a livrat 50 de motoare F135 în 2015, cu planuri de 58 în 2016. Producția JSF se face la uzinele de asamblare din SUA, Italia și Japonia, reflectând parteneriatul internațional pentru avionul de vânătoare F-35.

Un alt program pentru o turbină cu gaz în domeniul militar a fost anunțarea unui concurs US Air Force pentru un proiect inovator al unui motor cu turbină mică, destinat pentru o dronă de dimensiune medie.



Data courtesy: Forecast International.



Photo: U.S. Navy

## OPTIMISM GARANTAT

---

“Premiul Forțelor Aeriene”, așa cum este numit, oferă 2 milioane \$ pentru persoana sau echipa care poate dezvolta "un nou tip de motor cu turbină cu eficiența consumului de combustibil al unui motor cu piston și cu greutatea redusă și durabilitatea unui motor cu turbină". Mai precis, motorul câștigător ar avea o eficiență dublă a consumului de combustibil față de modelele existente de turbine cu gaz, cântărind o fracțiune din greutatea unui motor cu piston din clasa de 100 de cai putere și având o durată de viață de zece ori mai mare.

Designerii de motoare spun că aceasta este o provocare deosebită. Poate că este nevoie de un stimulent suplimentar. Recent am vizitat Muzeul Mystic Seaport Connecticut, care găzduiește încantătoarea expoziție "The Quest for Longitudine". Creată în 2014 de către Muzeul National Maritim din Londra, expoziția celebrează aniversarea a 300 de ani de la promulgarea de către guvernul britanic în anul 1714 a Legii privind Longitudinea, care oferit un premiu de 20,000 £ persoanei care ar putea măsura cu precizie longitudinea dintr-un vas. Actul a adus în cele din urmă obținerea unei precizii superioare a cronometrelor - cele mai bune sunt cele al ceasornicarului John Harrison, care au fost capabile să execute măsurători precise de longitudine.

Mai bine de 300 de ani mai târziu, guvernul Statelor Unite încearcă aceeași abordare pentru a stimula dezvoltarea turbinelor cu gaz. Dar, premiul de 2 milioane \$ nu pare atragător. Actualizat cu inflația premiul de 20,000 £ pentru Longitudine ar fi astăzi în valoare de 45 milioane \$. Ceea ce pare mult mai corespunzător provocării.

Potrivit Forecast International mai puțin de un sfert din piața turbinelor cu gaz (adică o valoare a producției de 20,5 mld. \$ în anul 2015 este destinată altor aplicații decât cele pentru aviație. Acest segment poate fi subdivizat în continuare astfel:

- turbine cu gaz acționate mecanic, de obicei instalate pentru a acționa compresoare în instalațiile pentru lichefierea gazelor naturale și pentru a crește presiunea de-a lungul conductelor de gaze naturale, a căror valoare a producție s-a ridicat la 2,6 miliarde \$ în anul 2015;
- turbine cu gaz pentru aplicații marine utilizate pentru a acționa generatoarele de la bordul navei pentru propulsie și energie electrică, a căror valoare a producției a reprezentat 400 de milioane de \$ în anul 2015.
- turbine cu gaz pentru producerea de energie electrică ( a căror valoare de producție a fost de 17,5 mld. \$ în anul 2015 ). Acestea sunt utilizate în ciclu simplu sau în ciclu combinat (unde se utilizează ambele tipuri de turbine, respectiv cu gaze și cu aburi) la centrale electrice, cu ajutorul turbinelor cu gaz cu o putere de până la 510 MW și cu o eficiență termică de până la 44 %. Instalațiile cu ciclu combinat cu o singură turbină cu gaz și turbine cu abur pot avea, în prezent, o putere mai mare de 764 MW și un randament măsurat de până la 60,75 %.

Piața turbinelor cu gaz pentru producerea de energie electrică a cunoscut un succes rapid și o creștere între anii 2000-2002, ca rezultat al liberalizării multor utilități electrice. De atunci până în prezent piața de turbine cu gaz pentru producerea de energie electrică a arătat o creștere constantă. Forecast International estimează că valoarea producției pentru turbine cu gaz pentru producerea de energie electrică să se aplatizeze în următorii 15 ani, dar cred că există motive convingătoare pentru o creștere susținută.

Pentru a argumenta aceasta, trebuie știut că aproximativ 40 la sută din energia electrică din lume este generată în centralele electrice pe bază de cărbune alimentate cu abur (ciclul Rankine). În Statele Unite, aceste centrale operează cu un randament termic de circa 30%, iar aceasta este, probabil, tipic și în alte parti . Centralele moderne cu turbine cu gaz cu ciclu combinat, arzând gaze naturale, au acum un randament termic de 60%. În același timp, cantitatea de dioxid de carbon per unitate de energie produsă prin arderea cărbunelui este de aproximativ de două ori mai mare decât cea produsă de aceeași cantitate de gaze naturale. Astfel, înlocuind o centrală electrică pe cărbune cu o centrală electrică nouă, mai eficientă, pe gaze naturale folosind tehnologia CCGT se reduc emisiile de CO2 de aproape patru ori, rezultând o reducere substanțială de 75% din emisia de gaze de CO2 cu efect de seră.

În afara argumentului privind emisiile, se poate adăuga și unul de ordin economic: costul de exploatare al unei centrale CCGT este între 700 \$ și 1.200 \$ per kW, comparativ favorabil cu costurile unei centrale cu ciclu Rankine - cu abur, care este de 2.000 \$ per kW, ca să nu mai vorbim de o centrală nucleară, care poate cheltui mult mai mult de 5.000 \$ per kW. Și, în Statele Unite, cel puțin, gazul natural este din belșug și în competiție cu cărbunele la preț. (În țările care trebuie să importe gazul, prețul poate fi mult mai mare.)

Astfel, previziunile noastre sunt că, în timp, instalațiile de tip turbină cu gaz vor elimina centralele pe bază de cărbune. Având în vedere că segmentul centralelor pe bază de cărbune este atât de mare, în viitor piața turbinelor cu gaz va fi în creștere .

Astfel, lumea ar putea urma exemplul New England, o regiune care are o cerere de putere electrică mai mare de 30.000 MW și care nu are resurse de combustibili fosili. Centralele pe bază de cărbune care produc în prezent mai puțin de 5 procente din puterea electrică, au fost în mare parte înlocuite cu noi centrale pe gaze naturale acționate cu turbine cu gaze.

Lucrând în tandem cu facilități de producere a energiei electrice din surse regenerabile, noua flotă de turbine cu gaz va furniza energie electrică fiabilă, la cerere, la un cost rezonabil.

Forecast International estimează că întreaga industrie de turbine cu gaz va avea o valoare anuală a producției până în 2030, de 108,9 miliarde de \$. Aceasta reprezintă o creștere de 31% față de 2015, o creștere destul de consistentă. Dar, din moment ce FI previzionează că aproape întreaga creștere se va datora aviației comerciale, cred că previziunile optimiste ar trebui să fie considerate ca minimale. Ca o industrie în creștere, la nivel mondial, turbinele cu gaz par să aibă "cer senin" pe mai departe.



Centru de Energie al Statului Rhode Island de 550-MW, din Johnson, este una dintre centralele electrice eficiente cu turbină cu gaz ciclu combinat, cea care a înlocuit centralele pe bază de cărbune în New England.

1 Flottau, J., and Norris, G., -Building Volume," Aviation Week and Space Technology, January 18-31, 2016, pp. 24-26.

2 "Straight Talk,- Aviation Week and Space Technol–ogy, August 6, 2007, pp. 58-60.

3 Norris, G., -Boom Time for Civil Engine Makers," Aviation Week and Space Technology, December 24, 2015.

4 Langston, L.S., "Hot Plates", Mechanical Engi–neering magazine, March 2016, pp. 42-27.

5 Langston, L.S., -Gas Turbines-Major Greenhouse Gas Inhibitors," Global Gas Turbine News, in Mechanical Engineering magazine, December 2015, pp. 54-55.

---

**LEES. LANGSTON** este membru ASME și profesor emerit în cadrul departamentului de inginerie mecanică I al Universității Connecticut din Storrs.