

Сергій Пащенко,
Олександр Лобунько,
Володимир Самулеєв

Забезпечення справності авіаційних силових установок бойових літальних апаратів – основа боєздатності військової авіації

Представлені основні етапи створення науково обґрунтованих методичних і технологічних умов забезпечення справності авіаційних силових установок бойових літальних апаратів авіації Збройних Сил України шляхом продовження строку служби, переведення на експлуатацію за технічним станом та освоєння їх капітального ремонту на підприємствах вітчизняної промисловості в умовах відсутності авторського супроводження з боку розробників та виробників.

З набуттям Україною незалежності та створенням Збройних Сил України (ЗСУ) постало завдання побудови в державі та у ЗСУ системи технічного забезпечення озброєння та військової техніки (ОВТ). Пріоритетом такої системи є безумовне забезпечення функціонування й підтримання справності ОВТ як у мирний час, так і в особливий період.

Авіація ЗСУ є одним з основних носіїв їх бойового потенціалу. Вона є складною системою, яку утворюють відповідні органи та підрозділи управління, військові авіаційні частини, парк літальних апаратів (ЛА), аеродромна мережа та інфраструктура забезпечення бойової підготовки й повсякденної діяльності, навчальні заклади й науково-дослідні установи, а також, безумовно, особовий склад – льотчики, штурмани, інженери, техніки, механіки. Надійне функціонування такої складної системи й гарантоване виконання нею поставлених завдань вимагає від кожної з її складових високого рівня готовності та забезпеченості, чіткої взаємодії між собою.

Основу парку бойових ЛА авіації ЗСУ на сьогодні складають винищувачі Су-27, МіГ-29, бомбардувальники Су-24М, розвідники Су-24МР, штурмовики Су-25, транспортно-десантні і транспортно-бойові вертольоти Мі-8Т, Мі-8МТ та Мі-24 (рис. 1).

Питання підтримання справності та продовження життєвого циклу військової авіаційної техніки (ВАТ) перебувають у сфері постійної уваги Міністерства оборони України (МОУ), Генерального штабу ЗСУ та Командування видів ЗСУ.

Виходячи із зазначеного, проблему вдосконалення системи управління справністю ВАТ авіації ЗСУ доцільно розглядати й розв'язувати за такими напрямками:

- удосконалення законодавчої та нормативно-правової бази щодо формування й реалізації МОУ науково-технічної політики в зазначеній сфері;
- удосконалення механізмів організації та забезпечення робіт щодо продовження встановлених ресурсних показників ВАТ, переведення та здійснення її експлуатації за технічним станом, освоєння й упровадження ефективних методів ремонту відповідно до чинної нормативно-правової бази.

На етапі створення нового виду ЗСУ – Повітряних Сил (ПС) процес створення нормативно-правової бази був започаткований розпорядженням Президента України № 1175 «Про заходи щодо забезпечення розвитку Повітряних Сил Збройних Сил України» від 27 вересня 2005 р. Цим розпорядженням Президент України – Верховний Головнокомандувач ЗСУ доручив Кабінетові Міністрів України організувати видання нормативно-правових та нормативно-технічних актів для забезпечення виконання вітчизняними підприємствами робіт з модернізації, ремонту, продовження ресурсу та строку служби ОВТ іноземної розробки та виробництва, які перебувають на озброєнні ПС.

У подальшому було запроваджено систему нормативно-правових актів та нормативно-технічних документів, яка

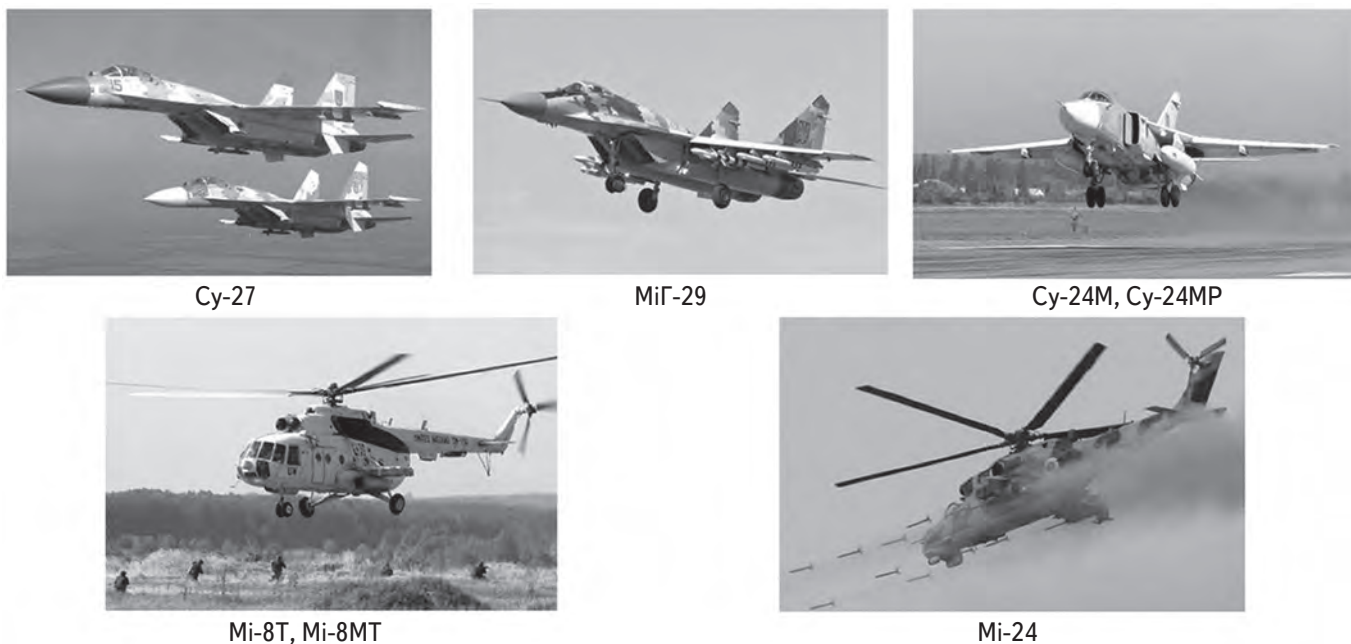


Рис.1. Бойові літальні апарати авіації ЗСУ

забезпечує формування й реалізацію технічної політики в галузі підтримання справності, експлуатації, ремонту та модернізації авіаційної техніки авіації ЗСУ, зокрема такої, за якою не здійснюється авторський нагляд.

На сьогодні нормативно-правова та нормативно-технічна база в галузі військової авіації охоплює:

- Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення справності і модернізації озброєння та військової техніки Збройних Сил України», прийнятий Верховною Радою України 14 квітня 2009 р.;

- дві постанови Кабінету Міністрів України, які затверджують порядок забезпечення справності та модернізації озброєння, військової та спеціальної техніки ПС, порядок збільшення встановленого ресурсу та продовження строків служби і зберігання ОВТ іноземного виробництва;

- наказ міністра оборони України, який затверджує порядок переведення та експлуатації за технічним станом ВАТ;

- два накази командувача ПС ЗСУ, які визначають порядок виконання робіт з індивідуального збільшення встановлених показників ВАТ, а також порядок відновлення і взяття на облік конструкторської, ремонтної та технологічної документації на озброєння, військову і спеціальну техніку ПС;

- національний стандарт, яким визначено порядок модернізації ВАТ іноземної розробки.

Зазначена нормативно-правова база описує та узаконує процеси взаємодії та відповідальність усіх суб'єктів системи підтримання справності й модернізації авіаційної техніки, до якої входять органи державної влади, органи військового управління, авіаремонтні заводи Державного концерну «Укроборонпром», військові частини,

котрі здійснюють експлуатацію авіаційної техніки, а також науково-дослідні установи, головною з яких є Державний науково-дослідний інститут авіації.

На сьогодні практично для всіх ЛА військового призначення одним із факторів, який визначає загальну справність їх парку, є забезпеченість достатньою кількістю справних двигунів. Аналіз свідчить, що експлуатаційні чинники, відмови внаслідок конструктивної недосконалості та пошкодження призводять до дострокового зняття двигунів з експлуатації. За статистичними даними, в авіації практично всіх країн світу 40% ЛА простояють через несправність їх силових установок, основними компонентом яких є авіаційні двигуни та головні вертолітні редуктори. І це при тому, що з усіх компонентів ЛА на двигуни припадає тільки 6–8% несправностей від їх загальної кількості.

Таким чином, забезпечення справності силових установок бойових ЛА є однією з актуальних проблем, від розв'язання якої залежить боєздатність ЗСУ та воєнна безпека держави, місце та роль України в системі міжнародного військово-технічного співробітництва.

Розв'язання зазначеної проблеми в умовах обмеженого бюджетного фінансування загострюється також відсутністю авторського нагляду з боку розробників та виробників у процесі експлуатації силових установок, а також свідомого блокування освоєння їх ремонту на авіаремонтних заводах України. Не набули практичної реалізації міжурядові угоди між Російською Федерацією та Україною з військово-технічного співробітництва у сфері постачання ОВТ, комплектувальних виробів і запасних частин, організації ремонту та надання послуг військового призначення в інтересах ЗСУ.



Рис. 2. Авіаційні силові установки бойових ЛА

На сьогодні авіаційні силові установки бойових ЛА ЗС України складаються з авіаційних двигунів АЛ-31Ф, РД-33-2С, АЛ-21Ф-3, Р-95Ш, ТВ2-117, ТВ3-117, допоміжних двигунів ГТДЕ-117, АІ-9В та головних вертолітних редукторів ВР-8А, ВР-14 і ВР-24 (рис. 2). Усі зазначені двигуни й редуктори розроблені, виробляються (за винятком двигунів ТВ3-117 та АІ-9В) та ремонтуються підприємствами Російської Федерації. За часів СРСР на території України був опанований і здійснювався капітальний ремонт двигунів АЛ-21Ф-3, АЛ-31Ф, Р-95Ш, ТВ3-117 та допоміжних двигунів ГТДЕ-117, АІ-9В. Капітальний ремонт двигунів РД-33-2С, ТВ2-117 та головних вертолітних редукторів ВР-8А, ВР-14 і ВР-24 в Україні не здійснювався.

Починаючи з 2007 р., відповідно до створеної в Україні нормативно-правової бази, за результатами теоретичних досліджень і практичних робіт щодо продовження авіаційним силовим установкам бойових ЛА встановлених строків служби та переведення їх на експлуатацію за тех-

нічним станом (ЕТС) були обґрунтовані обсяги й методики досліджень і прогнозування технічного стану авіаційних двигунів та головних вертолітних редукторів [1–4]. Зазначені методики практично реалізовані в процесі організації та проведення досліджень авіаційних газотурбінних двигунів РД-33-2С, АЛ-21Ф-3, АЛ-31Ф, Р-95Ш, ТВ2-117, допоміжних двигунів ГТДЕ-117 та головних вертолітних редукторів ВР-8А, ВР-14 і ВР-24 на державних підприємствах: Луцькому ремонтному заводі «Мотор», Одеському авіаційному заводі, Луганському авіаційному ремонтному заводі та в авіаційних частинах, які їх експлуатують.

Як результат, рішеннями посадових осіб командування Військово-Повітряних Сил за період з 1997 р. по 2007 р. по всьому парку авіаційних силових установок бойових ЛА строки їх служби були продовжені від початково встановлених розробниками шести-восьми до шістнадцяти-вісімнадцяти років. А в період з 2007 р. було здійснене переведення двигунів РД-33-2С, АЛ-21Ф-3, АЛ-31Ф та Р-95Ш на ЕТС за строком служби. Це забезпечило підтримання справності визначеної кількості бойових ЛА за умови їх безпечної експлуатації (рис. 3).

При цьому вітчизняні фахівці провели значний обсяг досліджень зі створення науково обґрунтованих, методично й технологічно гарантованих умов забезпечення справності авіаційних силових установок бойових ЛА, а також їх капітального ремонту із застосуванням сучасних технологічних процесів. З метою об'єктивної оцінки та прогнозування технічного стану авіаційних силових установок за результатами проведених досліджень на сьогодні створено узагальнені математичні моделі накопичення пошкодженості ресурсолімітуючих деталей авіаційних двигунів та побудовано алгоритм розв'язання задач визначення залишкового ресурсу, який складається з:

- установлення теплових та механічних граничних умов;
- конкретизації геометричних характеристик деталі;
- визначення механічних і теплофізичних властивостей матеріалів;

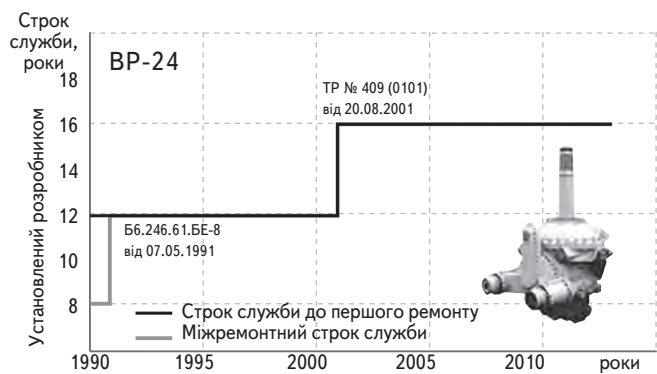
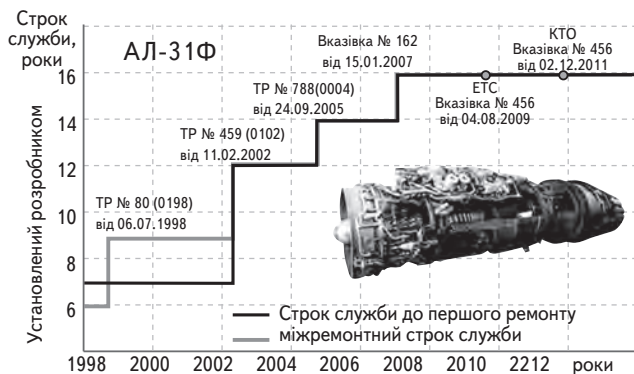


Рис. 3 Результати продовження строків служби та переведення на ЕТС авіаційних двигунів та головних вертолітних редукторів

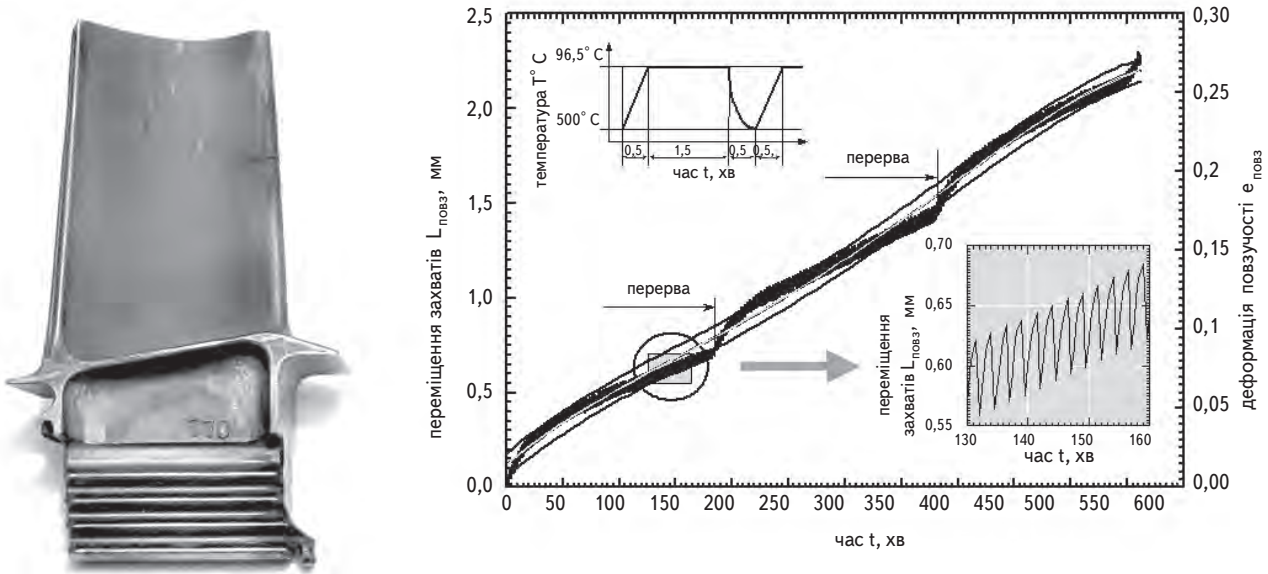


Рис. 4. Робоча лопатка турбіни високого тиску двигуна РД 33-2С та циклічна повзучість зразків, виготовлених з неї

- розрахунку нестационарного теплового стану деталі в нелінійній постановці;
- розрахунку напружено-деформованого стану деталі або вузла в пружній постановці;
- ідентифікації небезпечної зони деталі та запасів міцності;
- уточнення напружено-деформованого стану з урахуванням пластичного (циклічного) деформування;
- розрахунку довговічності та несучої здатності деталі;
- дослідження похибок обчислень.

Як приклад, на сьогодні виконано експериментальне дослідження термоциклічної тривалої довговічності і повзучості зразків вхідної кромки робочої лопатки двигуна РД-33-2С після його експлуатації та капітального ремонту (рис. 4). Для жароміцного сплаву ЖС-26ВСНК визначено наявність трьох характерних стадій повзучості: неусталеної, усталеної та прискореної, що дало змогу проаналізувати механізми деформування матеріалу під час навантажень. За результатами аналізу зроблено висновок, що пластичність сплаву змінюється неістотно, а тривала міцність – суттєво, тобто деградація механічних властивостей матеріалу відбувається за контрольованими механізмами.

На основі результатів комп'ютерного моделювання напруженого стану компресорної лопатки з експлуатаційними дефектами й аналізу його впливу на механічні характеристики виконано диференціацію дефектів за їх формою, розмірами й розташуванням (рис. 5).

Проведені дослідження підтвердили можливість застосування та ефективність запропонованих науково-методичних засад прогнозування довговічності конструкційних матеріалів елементів авіаційних силових установок бойових ЛА. Результати теоретичних та експериментальних досліджень у галузі матеріалознавства,

технологій зварювання конструктивних елементів гарячої частини газотурбінних двигунів з експлуатаційними пошкодженнями на сьогодні впроваджені в практику ремонту на вітчизняних авіаремонтних підприємствах [5].

У сучасних газотурбінних двигунах це: соплові апарати та робочі лопатки турбін, жарові труби, завихрювачі та екрани камер згоряння, стулки реактивних сопел. Вони працюють в умовах дії високотемпературного газового потоку, температура якого може перевищувати 1650 К. Ці елементи конструкції (рис. 6) зазнають дії механічного й термомеханічного навантаження, піддаються газовій ерозії та корозії. Вони виготовляються з високотемпературних хромонікелевих сплавів з упорядкованою структурою, мають захисні функціональні покриття, але, перебуваючи в жорстких умовах експлуатації та попри їх охолодження, зазнають ушкоджень і потребують відновлення в процесі ремонту.

На сьогодні за результатами розробки та впровадження критичних технологій з метою розв'язання проблеми забезпечення справності авіаційних силових установок бойових ЛА іноземної розробки й виробництва, за якими

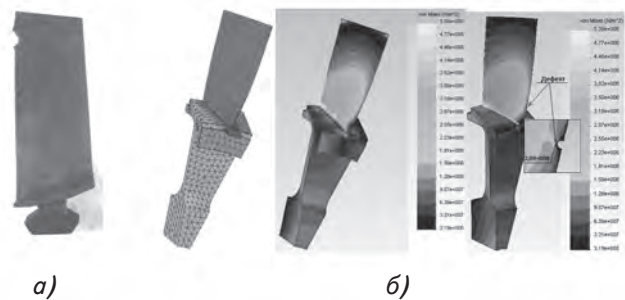


Рис. 5. Компресорна лопатка з експлуатаційними пошкодженнями та її комп'ютерна модель

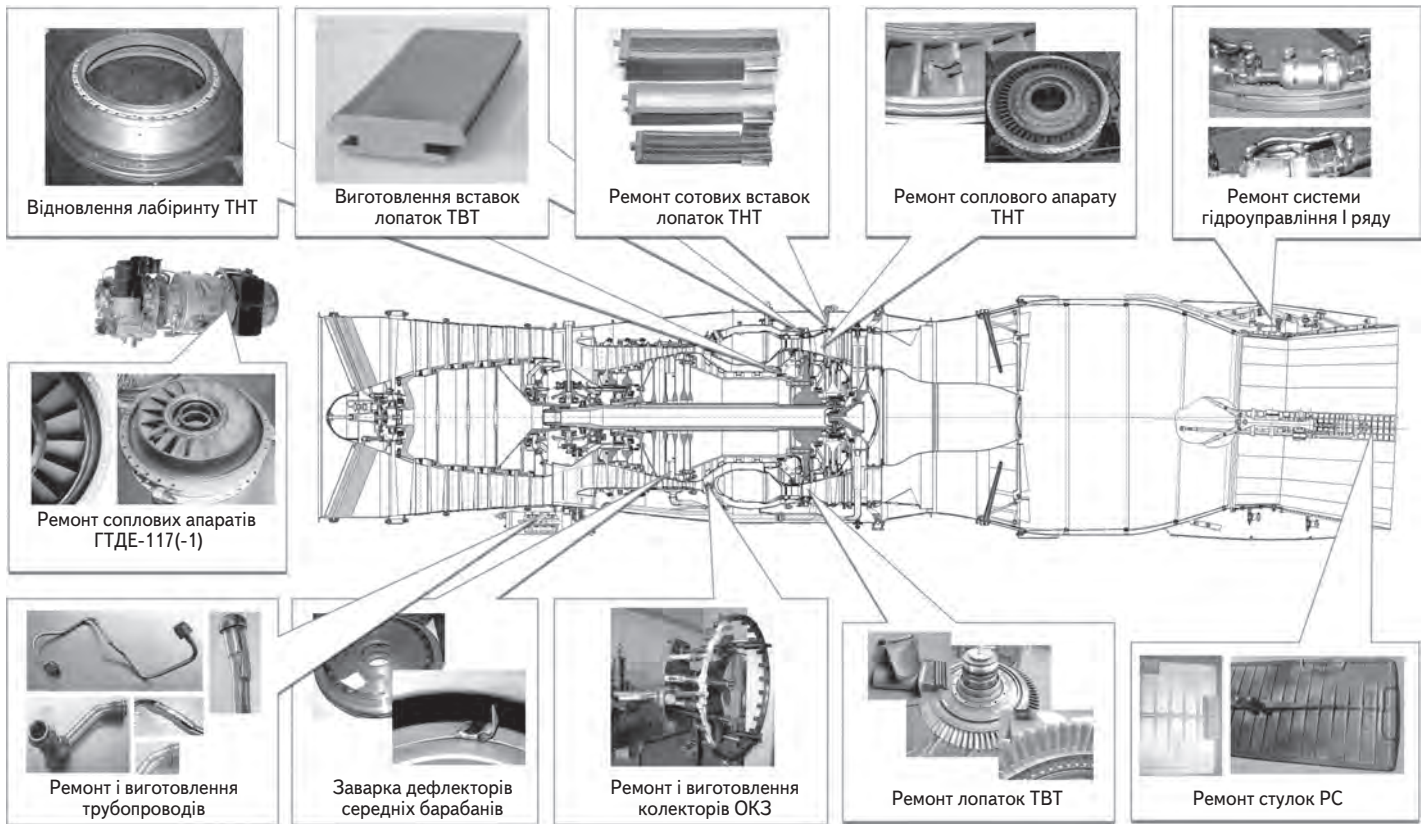


Рис. 6. Конструктивні елементи газотурбінних авіаційних двигунів, які відновлюються розробленими технологіями

не здійснюється авторський нагляд в Україні, опановано замкнені цикли капітального ремонту газотурбінних двигунів та головних вертолїтних редукторів бойових ЛА авіації ЗСУ.

У 2013 р. комплексна робота «Справність авіаційних силових установок бойових літальних апаратів», яка містить узагальнений досвід комплексного вирішення науково-технічних, виробничо-технологічних, організаційних та нормативно-правових задач для забезпечення функціонування системи підтримання та відновлення справності авіаційних двигунів і головних вертолїтних редукторів, була представлена на здобуття Державної премії України в галузі науки і техніки авторським колективом науковців Державного науково-дослідного інституту авіації, Інституту електроварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Інституту проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України та Державних підприємств «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» ім. О. Г. Івченка, «Луцький ремонтний завод «Мотор» та «Луганський авіаційний ремонтний завод».

Сумарний економічний ефект від впровадження методів і технологій забезпечення справності силових установок бойових ЛА авіації ЗСУ за період з 1998 р. по 2012 р. становив понад 2,0 млрд грн, а валютні надходження від надання послуг з ремонту двигунів АЛ-21Ф-3, АЛ-31Ф, РД-33-2С, Р-95Ш, ГТДЕ-117, їхніх агрегатів, а також головних вертолїтних редукторів ВР-8А, ВР-14

та ВР-24 в інтересах іноземних замовників склали понад 150 млн дол. США.

Перелік літератури

1. Лобуцько О. П., Бологін А. С., Самулеєв В. В. Методологічний підхід до інтегральної оцінки пошкодженості лопаток газових турбін авіаційних ГТД військового призначення : Зб. наук. пр. «Труди академії» / О. П. Лобуцько, А. С. Бологін, В. В. Самулеєв. – Вип. 37. – К. : НАОУ, 2002. – С. 269–274.
2. Лобуцько О. П., Макаревич І. М. Напрямки вдосконалення алгоритмів контролю і прогнозування технічного стану АД / О. П. Лобуцько, І. М. Макаревич. – К. : ДНДІА, 2005. – С. 89–94.
3. Пащенко С. В., Бельська О. А., Юхачов В. В. Інформаційне забезпечення технічного обслуговування за станом силових газотурбінних установок / С. В. Пащенко, О. А. Бельська, В. В. Юхачов // Системи озброєння і військова техніка. – Вип. 1 (25). – Харків, 2011. – С. 130–134.
4. Пащенко С. В., Лобуцько О. П. Технології продовження етапів життєвого циклу конструктивних елементів газотурбінних двигунів / С. В. Пащенко, О. П. Лобуцько // Технологіческие системы. – Вип. 4 (57). – К., 2011. – С. 53–55.
5. Ющенко К. А., Задерий Б. А., Савченко В. С. и др. Исследование монокристаллической структуры Ni сплавов / К. А. Ющенко, Б. А. Задерий, В. С. Савченко и др. // Металлофизика и новейшие технологии. – Т. 31. – № 4. – 2009. – С. 473–485.

Надійшла до редакції 17 вересня 2013 р.