

К. А. Ющенко,

доктор технічних наук, академік НАН України,
заступник директора Інституту електрозварювання
ім. Є. О. Патона Національної академії наук України,

В. В. Самулеєв,

кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий
співробітник Державного науково-дослідного інституту
авіації,

М. І. Матрунчик,

директор державного підприємства «Луцький ремонтний
завод "Мотор"»

Новітні технології забезпечення боєздатності авіації Збройних Сил

У статті наведено основні результати функціонування створеної в Україні системи науково-технічного забезпечення боєздатності авіації Збройних Сил, яка діє в умовах відсутності авторського нагляду з боку іноземних розробників та виробників бойової авіаційної техніки, а також розроблення й упровадження сучасних технологій у процес капітального ремонту авіаційних газотурбінних двигунів військового призначення.

Знабуттям нашою державою незалежності та створенням Збройних Сил України (ЗСУ) стало завдання формування в державі системи науково-технічного забезпечення боєздатності авіації ЗСУ як основного носія їх бойового потенціалу. Пріоритетом такої системи, відповідно до Воєнної доктрини України, є безумовне підтримання справності і функціонування озброєння та військової авіаційної техніки (АТ) як у мирний час, так і в особливий період.

Концепцією підтримання справності та бойового потенціалу парку АТ авіації Повітряних Сил ЗСУ до 2025 р. [1] визначені пріоритети й етапність заходів з підтримання справності та бойового потенціалу існуючого парку АТ авіації Повітряних Сил ЗСУ шляхом виконання її модернізації та ремонту, подальшого продовження встановлених показників поза межами, первинно визначеними розробниками й виробниками, за наявних нормативно-правових та виробничо-технологічних умов. Забезпечення справності парку бойових літальних апаратів (ЛА) бойового складу авіації ЗСУ й передусім справності їх авіаційних силових установок (АСУ) 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 [2].

Проблема забезпечення справності парку АСУ бойових ЛА іноземної розробки й виробництва в умовах обмеженого бюджетного фінансування є критичною внаслідок відсутності авторського нагляду у процесі їх експлуатації з боку російських розробників та виробників, а також цілеспрямованого блокування освоєння їх ремонту на авіаремонтних заводах України.

Це зумовлено тим, що відсутня практична реалізація міжурядових угод між Російською Федерацією та Україною з військово-технічного співробітництва у сфері взаємних поставок озброєння й військової техніки, комплектуючих виробів і запасних частин, організації ремонту й надання інших послуг військового призначення в інтересах ЗСУ. Зокрема, за напрямом забезпечення експлуатації та ремонту військової АТ не реалізовано жодного спільного проекту. Тому в умовах імовірного збройного конфлікту на будь-якому театрі бойових дій виникає безпосередня загроза боєздатності авіаційного компонента ЗСУ. Саме це зумовило потребу створення в Україні власної державної системи науково-технічного забезпечення боєздатності авіації ЗСУ.

Цього вдалося досягти шляхом створення науково обґрунтованих методичних і виробничо-технологічних умов функціонування в державі системи забезпечення боєздатності авіації ЗСУ на основі створення та розвитку підсистеми забезпечення справності бойової АТ, зокрема АСУ бойових ЛА іноземної розробки й виробництва.

Виконання циклу наукових досліджень та робіт за цим напрямом здійснювалося протягом 1993–2013 рр. на замовлення та в інтересах командувань Військово-Повітряних Сил (Повітряних Сил) ЗСУ в державних установах –

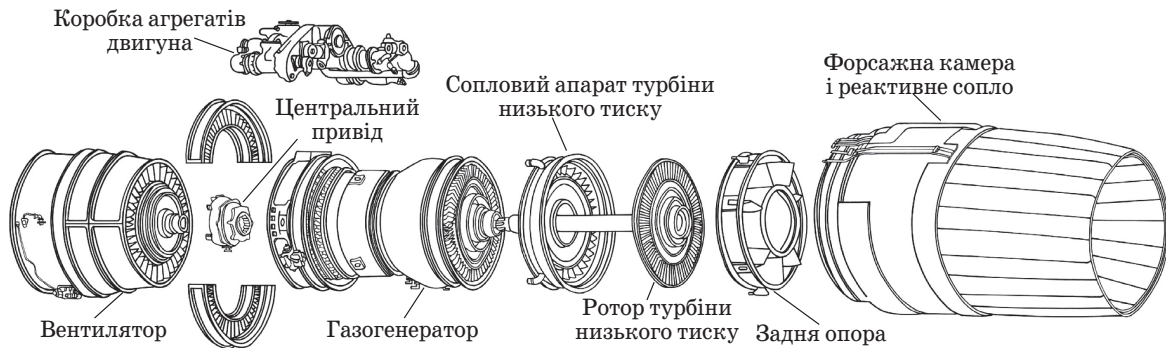


Рис. 1. Модулі сучасного газотурбінного двигуна військового призначення

Державному науково-дослідному інституті авіації (ДНДІА), Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України (ІЕЗ НАНУ), Інституті проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України (ІПМіц НАНУ), Державному підприємстві «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» ім. академіка О. Г. Івченка» (ЗМКБ «Прогрес»), Луцькому ремонтному заводу «Мотор» (ЛРЗ «Мотор»), Луганському авіаційному ремонтному заводу (ЛАРЗ) та інших авіаремонтних підприємствах державного концерну «Укроборонпром».

Так, з ініціативи та за відповідного забезпечення й супроводження з боку командувань Військово-Повітряних Сил (Повітряних Сил) та ДНДІА за роки незалежності України авіаремонтною мережею Міністерства оборони України освоєно ремонт літаків Су-27, Су-25, Су-24М, Су-24МР, Су-17М4, МиГ-29 та Л-39, капітальний ремонт авіадвигунів РД-33-2С, допоміжних силових установок ГТДЭ-117 та коробок літакових агрегатів КСА-2(3) до літаків МиГ-29, двигунів ТВ2-117, головних редукторів ВР-8А, ВР-14, ВР-24, допоміжних силових установок АИ-9У для вертольотів Ми-8 та Ми-24 усіх модифікацій.

Процес освоєння в Україні ремонту основних типів АТ військового призначення практично завершений у 2012 р. Рішенням Міністерства оборони України державне підприємство «Миколаївське авіаремонтне підприємство «НАРП»» допущене до виконання контрольно-відновлювального ремонту літаків Іл-76МД та Іл-78. Зазначене підприємство в кооперації з державним підприємством ЛРЗ «Мотор» на сьогодні освоєє капітальний ремонт двигунів Д-30КП до цих літаків. Наприкінці 2013 р. до Повітряних Сил надійшов перший відремонтований в Україні військово-транспортний літак Іл-76МД.

Цими заходами практично завершено створення в Україні максимально замкнених циклів ремонтного виробництва та створення виробничо-технологічних умов забезпечення відновлення справності та модернізації основних типів АТ ЗСУ, утримання їх у бойовому складі на період до 2025–2030 рр.

Результати реалізації державної науково-технічної політики у сфері відновлення справності та бойового потенціалу АТ ПС ЗСУ за останні роки та науково обґрунтовані пропозиції стосовно розв'язання зазначеної пробле-

ми на період до 2025 р. базуються на створеній у державі системі науково-технічного забезпечення боєздатності авіації.

Так, наприклад, у системі заходів з відновлення авіаційних газотурбінних двигунів військового призначення особливе місце посідають результати теоретичних та експериментальних досліджень у галузі матеріалознавства, а також технологій зварювання конструктивних елементів гарячої частини (рис. 1) з експлуатаційними пошкодженнями.

Елементи гарячої частини сучасних авіаційних двигунів: соплові апарати й робочі лопатки турбін, жарові труби, завихрювачі та екрани камер згоряння, ступки реактивних сопел – працюють в умовах дії високотемпературного газового потоку, температура якого може перевищувати 1380°C. Вони зазнають комплексної дії механічного й термомеханічного навантаження, газової ерозії та корозії. З метою забезпечення надійності та ресурсу їхні деталі виготовляються із жароміцних та жаростійких хромонікелевих сплавів з упорядкованою структурою, мають захисні функціональні покриття, але, перебуваючи в жорстких умовах експлуатації та незважаючи на їх охолодження, зазнають ушкоджень і потребують відновлення в процесі ремонту.

Для виготовлення робочих лопаток і ступок сопла авіаційного двигуна використовуються литі нікелеві високоміцні дисперсійно-твердіючі сплави ЖС-26 та ЖС-32, які забезпечують достатню термоміцність при температурах до 1150°C. Основним недоліком цих матеріалів є підвищена чутливість зварних з'єднань до утворення гарячих тріщин у швах та навколошовній зоні як під час зварювання, так і під час ремонту й подальшої термообробки.

У процесі системних досліджень і за результатами дослідних та експериментальних робіт [3] встановлено:

1. Причиною низької стійкості проти утворення гарячих тріщин високоміцних сплавів на нікелевій основі з γ' -зміцненням є властива їм наявність двох чітко виражених температурних інтервалів крихкості – високотемпературного ТІК-I ($T_L \dots 1250^\circ\text{C}$) та низькотемпературного ТІК-II (1150...700°C). Особливості негативного впливу ТІК-II полягають у дуже широкому температурному

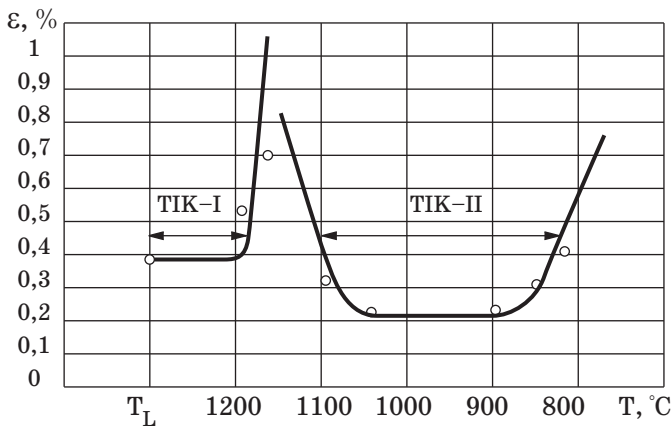


Рис. 2. Температурні інтервали крихкості сплаву ЖС-26ВСНК

діапазоні (до 500°C) та низьких значеннях рівня критичної деформації $\epsilon_{кр}$ (0,1...0,2%) (рис. 2).

2. Експериментально-розрахунковим методом визначено рівень та кінетику розвитку напружено-деформованого стану під час формування зварного з'єднання. Поздовжні напруження σ_{xx} , значення яких досягають 0,8 $\sigma_{0,2}$ під час перебування зони термічного впливу металу в області ТІК-I та ТІК-II (від T_S до 800°C) при дуже низькому рівні поперечних напружень $\sigma_{yy}=(0,3...0,4)\sigma_{0,2}$ викликають утворення поперечних навколошовних тріщин.

3. Локальні пластичні деформації в зоні термічного впливу на стадії охолодження локалізуються у вузькій (до 1000 мкм) ділянці, абсолютна величина яких досягає 1,5%. Максимум збігається в часі з перебуванням металу зони термічного впливу в температурному інтервалі крихкості ТІК-II. Локальне руйнування по границях зерен зумовлене низьким запасом здатності до пластичного деформування.

4. Із застосуванням методів математичного моделювання впливу умов зварювання на напружено-деформований стан зварного з'єднання встановлено, що шляхом варіювання рівня тепловкладення можна суттєво затримати момент початку розвитку позитивних приростів пластичної деформації в зоні термічного впливу. Є можливість знизити їх величину до рівня менше 0,1%, що не перевищує критичних значень для сплаву ЖС-26ВСНК у ТІК-I та ТІК-II. Цей критерій обрано для управління схильністю до утворення гарячих тріщин у зварних з'єднаннях шляхом оптимізації напружено-деформованого стану й режимами зварювання.

Результати зазначених досліджень дали змогу розробити практичні рекомендації стосовно режимів і параметрів електронно-променевого зварювання та мікроплазмового наплавлення у процесі ремонту деталей із хромонікелевих сплавів, реалізованих у спеціалізованих виробничих підприємствах України.

Так, запропоновано технологію зварювання жароміцних нікелевих сплавів, що дає змогу забезпечувати

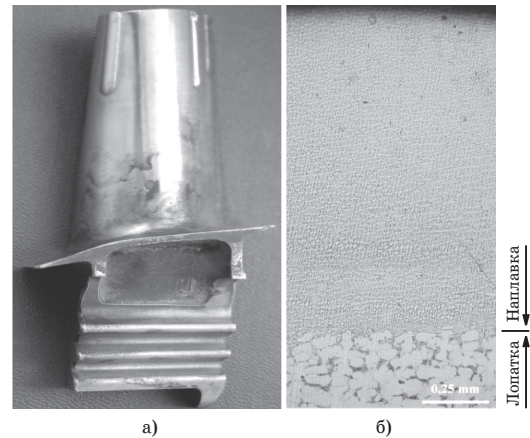


Рис. 3. Ремонтне зварювання монокристалічної лопатки зі сплаву ЖС-32 (а) та мікροструктура наплавки торця вихідної кромки (б)

збереження монокристалічної структури з розорієнтацією субструктури, яка не перевищує 2°, відсутність тріщин та зерен випадкової орієнтації у зварному шві (рис. 3). Зазначену технологію застосовано при ремонті охолоджуваних робочих лопаток зі сплаву ЖС-32 для газотурбінних двигунів РД-33-2С та Д-18Т.

Однією з найскладніших науково-технічних та організаційних задач стало освоєння капітального ремонту двигуна РД-33-2С на ЛРЗ «Мотор» в умовах відсутності супроводження з боку розробників та виробників. Вона була вирішена підприємством у 2004 р., спираючись на власну виробничо-технологічну базу, у взаємодії із ЗМКБ «Прогрес», ІЕЗ НАНУ, ІПМіц НАНУ, іншими підприємствами авіадвигунобудівної галузі України при науково-методичному супроводженні ДНДІА.

У процесі освоєння ремонту двигуна:

- розроблено та впроваджено новітні технології ремонту, модернізовано виробничу й випробувальну базу підприємства (рис. 4);
 - створено виробничо-технологічну лінію ремонту вузлів та агрегатів;
 - здійснено атестацію та сертифікацію виробництва.
- Модернізація виробничої бази підприємства дала змогу впровадити у виробництво нові технології:
- нанесення функціональних покриттів КХНХ-30, «Ніхром», ЭИ-435, УМК, КНА, ВСДП-11, ВСДП-16;
 - монтажної пайки трубопроводів обв'язки двигуна з використанням струмів високої частоти;
 - «гарячих» стендових випробувань паливного колектора основної камери згоряння при температурі до 460°C у середовищі інертного газу;
 - стендових випробувань відремонтованих авіадвигунів та їх агрегатів.

З огляду на впровадження нових технологічних процесів на підприємстві був оптимізований технологічний графік ремонту двигунів. За узгодженими технічними умовами в рамках виробничої кооперації вітчизняних підприємств промисловості впроваджено замкнутий цикл



Рис. 4. Елементи виробничої лінії ремонту двигунів РД-33-2С

виготовлення й ремонту в Україні дефіцитних і критичних деталей та вузлів авіаційних двигунів.

Комплекти технічної документації, створені для впровадження розроблених технологій, пройшли відповідні експертизи, схвалені Головною організацією промисловості та введені в дію в порядку, передбаченому нормативною базою України.

У 2004 р. наказом Головнокомандувача ВПС ЗСУ ЛРЗ «Мотор» допущено до виконання серійного капітального ремонту двигунів РД-33-2С. З початку освоєння ремонту в 1993 р. підприємством відремонтовані 165 двигунів, з них 90 – для авіації ЗСУ та 75 – в інтересах іноземників. Це забезпечило експлуатацію, бойову підготовку підрозділів винищувальної авіації ЗСУ та несення бойового чергування винищувачами МиГ-29.

Науково-технічні розробки підприємства з удосконалення технології ремонту, виконані в процесі освоєння ремонту двигунів РД-33-2С та серійного капітального ремонту авіаційних двигунів АЛ-21Ф-3, АЛ-31Ф та ГТДЭ-117 та їх агрегатів, спрямовані на забезпечення якості ремонту, розширення видів ремонту вузлів і деталей, а також підвищення економічної ефективності шляхом упровадження імпортозамінюючих технологій.

В умовах загострення воєнно-політичної напруженості, зумовленої руйнуванням Російською Федерацією

основних принципів системи міжнародної безпеки та припиненням воєнно-технічного співробітництва у сфері забезпечення функціонування озброєння та військової техніки ЗСУ, перед створеною в Україні системою науково-технічного забезпечення боєздатності авіації постає низка організаційних та наукових проблем. Пріоритетом має стати всебічне матеріально-технічне забезпечення інтенсифікації бойової підготовки авіаційних частин та підрозділів в умовах дефіциту запасних частин, агрегатів та комплектувальних виробів, необхідних для підтримання й відновлення справності визначеної кількості ЛА та їх АСУ в умовах зростаючого нальоту, зумовленого потребою підвищення льотного вишколу екіпажів.

Очікуване зростання темпів вичерпання встановленого ресурсу за наробітком АСУ при достатніх залишках запасів ресурсів планерів літальних апаратів та їх обладнання висуває потребу в розв'язанні таких науково-технічних задач:

- створення методик достовірної оцінки фактичної теплової та механічної напруженості основних деталей газотурбінних двигунів (ГТД) в умовах їх функціонування з урахуванням історії навантаження;
- установлення механізмів утворення дефектів в основних деталях ГТД, визначення величини їх критичних розмірів та швидкості зростання;

- створення 3D моделей критичних основних деталей ГТД і комп'ютерне моделювання впливу експлуатаційних і технологічних чинників на їхній напружений стан і міцність, у разі потреби – проведення фізичного моделювання впливу цих чинників на залишковий ресурс основних деталей ГТД;

- уточнення норм і критеріїв кількісної оцінки граничних станів основних деталей ГТД і відпрацювання норм та умов прийняття обґрунтованих рішень про їх подальше використання після вичерпання первинно встановленого ресурсу;

- розроблення та впровадження нових технологічних процесів відновлення деталей з експлуатаційними ушкодженнями, які на сьогодні вважаються неремонтопридатними.

Розв'язання зазначених науково-технічних задач можливе шляхом кооперації провідних вітчизняних підприємств авіадвигунобудівної галузі – ПАТ «Мотор-січ» та ДП ЗМКБ «Прогрес», інститутів Національної академії наук України – ІЕЗ НАНУ та ІПМц НАНУ, а також ДНДІА. Виключну роль у впровадженні їх результатів мають відігравати авіаремонтні підприємства ДК «Укроборонпром».

Висновки

1. За результатами виконання комплексу наукових досліджень і робіт, у тому числі за участі авторів статті, розв'язано важливу народногосподарську проблему створення в Україні дієвої системи науково-технічного забезпечення боєздатності авіації ЗСУ. Вона базується на науковій, технологічній і виробничій базі, можливостях та кооперації вітчизняних установ і підприємств. Зазначена система функціонує у правовому полі, визначеному законодавчими й нормативно-правовими актами України. Результатом функціонування системи є гарантована спроможність відновлення та підтримання справності авіаційних силових установок бойових ЛА іноземної розробки та виробництва, іншої бойової АТ, за якими не здійснюється авторський нагляд з боку їх розробників з Російської Федерації.

2. За результатами комплексного вирішення науково-технічних, виробничо-технологічних та організаційних задач в Україні створено замкнені цикли капітального ремонту ГТД і головних вертолітних редукторів іноземної розробки й виробництва для бойових ЛА авіації ЗСУ.

3. Створена в Україні система підтримання справності АСУ бойових ЛА як складова науково-технічного забезпечення боєздатності авіації виключає імпорт відповідних критичних технологій та послуг з Російської Федерації, надає максимальну автономність функціонування державної системи технічного забезпечення озброєння та військової техніки ЗСУ.

4. Наявність в Україні замкнених сертифікованих циклів капітального ремонту ГТД та головних вертолітних редукторів бойових ЛА забезпечує надання вітчизняними підприємствами послуг з їх ремонту на замовлення інших країн, значні валютні надходження в Україну.

У 2014 р. авторським колективом науковців ДНДІА, ІЕЗ НАНУ, ІПМц НАНУ, конструкторів ДП ЗМКБ «Прогрес», виробничників і технологів ЛРЗ «Мотор» та ЛАРЗ на здобуття Державної премії України в галузі науки і техніки представлено роботу «Створення системи науково-технічного забезпечення боєздатності авіації Збройних Сил України», яка містить узагальнений досвід комплексного вирішення науково-технічних, виробничо-технологічних, організаційних та нормативно-правових задач для забезпечення функціонування системи підтримання й відновлення справності авіаційних двигунів і головних вертолітних редукторів бойових ЛА ЗСУ.

Перелік літератури

1. *Онищенко С. І., Самулєв В. В., Харченко О. В.* Концепція підтримання справності та бойового потенціалу парку авіаційної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України на період до 2025 року / С. І. Онищенко, В. В. Самулєв, О. В. Харченко // Наука і оборона. – 2011. – № 4. – С. 31–34.

2. *Пащенко С. В., Лобунько О. П., Самулєв В. В.* Забезпечення справності авіаційних силових установок бойових літальних апаратів – основа боєздатності авіації / С. В. Пащенко, О. П. Лобунько, В. В. Самулєв // Наука і оборона. – 2013. – № 4. – С. 51–55.

3. *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. – 2009. – Т. 31. – № 4. – С. 473–485.

Надійшла до редакції 4 червня 2014 р.