

О.М. Добриденко, М.С. Стрела, І.А. Токар

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗБІЛЬШЕННЯ ВСТАНОВЛЕНОГО РЕСУРСУ АГРЕГАТИВ ШАСІ ЛІТАКА ТИПУ СУ-27 В УМОВАХ ДІЇ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТАНУ

Продовження (збільшення) встановлених показників літаків типу Су-27 не в повній мірі забезпечує підтримання льотної придатності літаків даного типу через вичерпання встановлених показників агрегатів, ресурси та строки служби яких відрізняються від ресурсів і строків служби літака, в першу чергу, це агрегати шасі. Із-за високої інтенсивності застосування літаків при виконанні бойових завдань саме на агрегатах шасійної групи стрімко вичерпався ресурс в посадках, із-за чого виникла необхідність в проведенні поглиблених досліджень щодо вирішення питання подальшої безпечної експлуатації зазначених агрегатів за межами встановлених показників.

Дослідження технічного стану агрегатів шасійної групи літаків типу Су-27 проводились відповідно до “Програми досліджень та робіт щодо визначення можливості індивідуального продовження призначеного строку служби понад 24 роки та збільшення призначеного ресурсу агрегатам шасійної групи літаків типу Су-27” в умовах авіаремонтного підприємства та експлуатуючих частин під науково-методичним керівництвом Державного науково-дослідного інституту авіації.

Ключові слова: агрегати шасі, технічний стан, ресурс, воєнний стан, Су-27, продовження ресурсних показників.

Вступ

Аналіз сучасного стану авіації Повітряних Сил Збройних Сил України, в тому числі з урахуванням досвіду участі в бойових діях, показує на існування об’єктивних проблем щодо вичерпання встановлених розробником ресурсів на літаках та їх комплектувальних виробів. Особливо гостро ця проблема виникла для агрегатів шасі літаків типу Су-27 (рис.1).



Рис. 1. Комплекуючі агрегати ЛА, що мають ресурс відмінний від ресурсу планера
Джерело: розроблено авторами

Продовження (збільшення) встановлених показників літаків типу Су-27 не в повній мірі забезпечує підтримання їх льотної придатності,

через закінчення встановлених показників агрегатів шасійної групи. На сьогоднішній день близько 90 % чисельного складу літаків Су-27(УБ) повністю вичерпали призначений ресурс шасі по посадкам, 10 % літаків Су-27 мають залишок ресурсу до 300 посадок. Крім того під впливом старіння і втоми було два випадки руйнування стакана стояка шасі.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день відповідно до Рішення №27/24/01/ПС від 17.04.2024 “Про організацію досліджень і робіт з метою визначення можливості продовження призначеного строку служби та збільшення призначеного ресурсу агрегатам шасійної групи літаків типу Су-27” проводяться дослідження і роботи з визначення можливості поетапного продовження (збільшення) встановлених показників агрегатам шасійної групи літаків типу Су-27.

Для забезпечення подальшої безпечної експлуатації агрегатів стійок шасі, літаків типу Су-27 необхідно провести роботу за наступними напрямками:

1. Виконати аналіз випадків і причин руйнування стакана стояка шасі та відпрацювати і впровадити пропозиції щодо запобігання їх руйнуванню;

2. Продовжити виконання досліджень та робіт щодо визначення можливості індивідуального поетапного продовження (збільшення) встановлених показників агрегатам шасійної групи літаків типу Су-27;

3. Виконати теоретично-експериментальні дослідження з моделюванням напружено-деформованого стану конструктивних елементів шасі з метою розроблення методичного апарату щодо оцінки можливості збільшення їм встановленого ресурсу.

Тому дослідження і оптимальний вибір раціональних напрямів для розробки моделі та наукового апарату щодо оцінки можливості збільшення встановленого ресурсу агрегатів шасі літаків типу Су-27 є актуальною і важливою оптимізаційною задачею з використанням припущень, обмежень, границь та умов реальної експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж тривалого часу питаннями забезпечення ресурсом та супроводження досліджень з визначення причин руйнувань силових елементів літаків займається Державний науково-дослідний інститут авіації (далі – ДНДІА).

Відповідно, зазначена проблематика оприлюднена в таких працях як [1...3; 4, с. 12...21, 110...120; 5; 6, с. 56...74; 7, с. 103...147; 8, с. 316...390, 454...476; 9; 10, с. 41...68].

Мета статті – визначення технічного стану агрегатів шасійної групи літаків типу Су-27, встановлення причини руйнування стакана основного стояка шасі та обґрунтування можливості продовження (збільшення) їм встановлених показників.

Виклад основного матеріалу

Фахівцями ДНДІА проведено аналіз інтенсивності вичерпання ресурсного потенціалу за посадками стояків шасі літаків типу Су-27, за результатами якого визначено, що при сталій інтенсивності польотів, ресурсний потенціал парку стояків шасі літаків типу Су-27 буде вичерпано через 2-3 роки. Для більш раціонального використання ресурсного потенціалу стояків шасі літаків типу Су-27 пропонується, при плануванні польотів літаків типу Су-27, забезпечувати рівномірний розподіл посадок на літак. Розглянути обмеження інтенсивності використання літаків, на яких встановлено агрегати шасійної групи з малим залишком ресурсу по посадкам, та використовувати їх виключно для виконання бойових завдань, а також провести дослідження щодо можливості продовження призначених показників, з урахуванням матеріалів фрактографічних досліджень зруйнованого стакана стояка шасі.

В середньому за рік (під час воєнного стану) ресурс парку стояків шасі вичерпується на 2300...2500 посадок (за умови збереження сталої інтенсивності польотів, проте наразі тренд йде на збільшення інтенсивності). З наведених даних

можливо зробити висновок, що при збереженні існуючої інтенсивності польотів ресурс парку стояків шасі літаків типу Су-27 буде вичерпано через 2...3 роки (рис. 2, 3).



Рис. 2. Прогноз залишку посадок на один літак типу Су-27 за роками експлуатації
Джерело: розроблено авторами

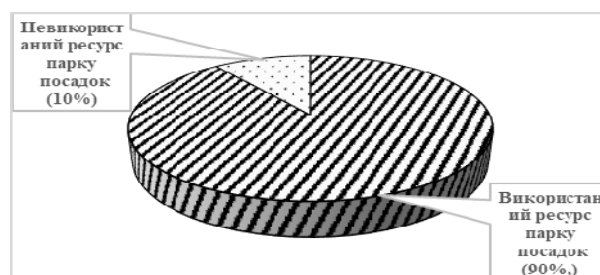


Рис. 3. Стан ресурсного потенціалу парку стояків шасі літаків типу Су-27
Джерело: розроблено авторами

Для аналізу розглянуто випадки руйнування основної опори шасі в поточному році, коли під час виконання пробігу після посадки літака сталося руйнування, що відбулось по гальтельному переходу під кронштейном кріплення підкосу підйомника (рис. 4, 5). Місце та спосіб руйнування ідентичні як і в аналогічному випадку в 2018 році.

Дослідження причин руйнування проведено в умовах ДП “Антонов” разом із науковцями ДНДІА.

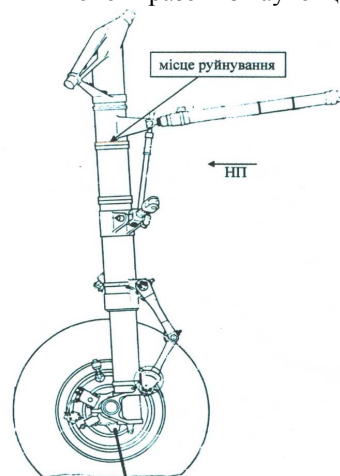


Рис. 4. Місце руйнування на основній опорі шасі 11.4111.3.000.000

Джерело: розроблено авторами



Рис. 5. Зруйнований stojak основної опори шасі 11.4111.3.000.000
Джерело: розроблено авторами

Дані stojaka шасі, що зазнав руйнування: виготовлений 13.07.1984 р.; 09.10.2003 р. пройшов капітальний ремонт на ДП ЗДАРЗ “МіГремонт”; напрацювання на момент руйнування: з початку експлуатації (ЗПЕ) – 1751 посадок; після останнього ремонту (ПОР) – 744 посадок.

В процесі дослідження в зоні руйнування були виконані заміри геометричних параметрів деталі. Значення товщини стінки стакану по всьому периметру складає ~6 мм. В осередку зародження тріщини (місце радіусного переходу) (рис. 6) товщина стінки була мінімальною і складала 5,55 мм.

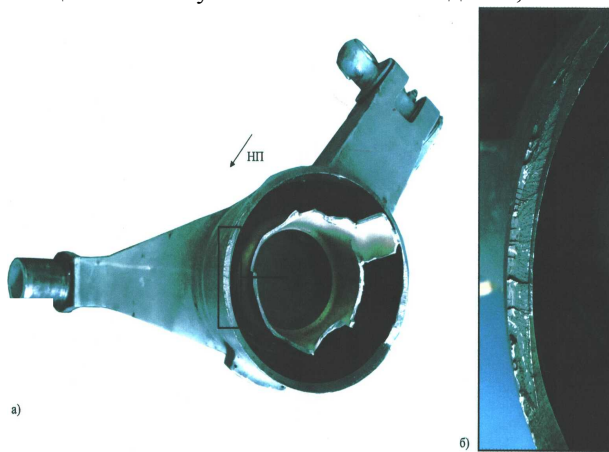


Рис. 6. Зруйнований stojak 11.4111.3.000.000: та втомна зона зламу
Джерело: розроблено авторами

Ознак пластичної деформації деталі не виявлено. Втомна зона сформувалась в результаті зародження від зовнішньої поверхні деталі множиною мікротріщин, які в процесі розвитку злилися в один загальний фронт, утворивши магістральну тріщину з довжиною 41,5 мм і максимальною глибиною 2,2 мм (рис. 7). Зліва і справа від магістральної тріщини були виявлені

окремі дрібні мікротріщини, що зародилися на більш пізньому етапі і розкрилися в процесі остаточного руйнування stojaka шасі. В осередках зародження тріщин були виявлені risks від механічної обробки. Сумарна площа втомного пошкодження не перевищувала 55 мм², що склало ≈2 % від площі перерізу деталі. Фотографія і схема будови зламу представлені на рисунку 7.

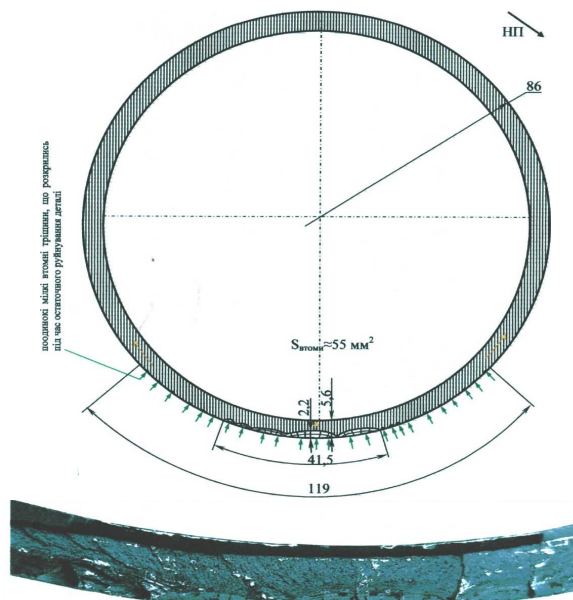


Рис. 7. Загальна схема зламу
Джерело: розроблено авторами

При мікрофрактографічному дослідженні спостерігався багатоосередковий характер руйнування. Зародження тріщин відбувалося переважно по risks від механічної обробки (рис. 7), більш дрібні тріщини розвивалися від мікродфектів у поверхневому шарі деталі (рис. 8). Глибина risks в осередках зародження тріщин складала 2-10 мкм.

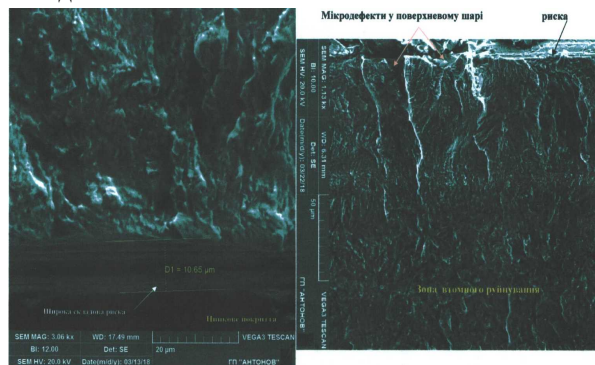


Рис. 8. Мікрорельєф зламу
Джерело: розроблено авторами

В зоні втоми спостерігається борознистий мікрорельєф та виділяються кілька найбільш широких борозенок, координати яких співпадають з координатами макроліній, що, за припущенням,

відповідають грубим посадкам літака (рис. 9). Виходячи з припущення, що кожна борозенка утворилася в результаті прикладення навантаження при посадці літака, можливо виміряти ширину борозенок і розрахувати тривалість розвитку тріщини.

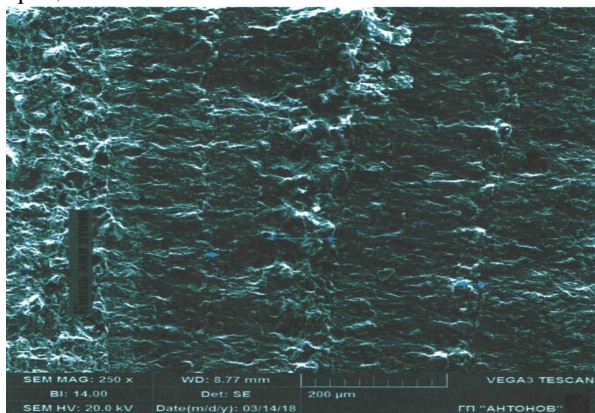


Рис. 9. Вигляд різних за шириною макроліній, що відповідають грубим посадкам літака
Джерело: розроблено авторами

Графічні залежності швидкості і тривалості росту тріщини представлені на рис. 10, 11.

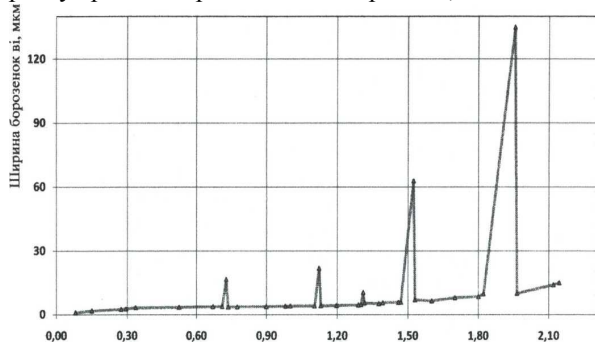


Рис. 10. Залежність ширини борозенок від довжини тріщини, що розвинулась в стакані основного стояка шасі
Джерело: розроблено авторами

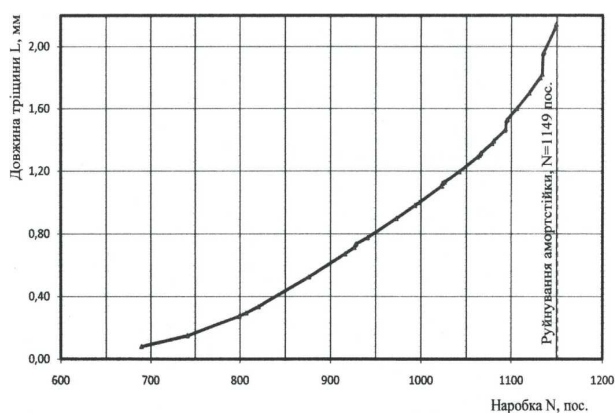


Рис. 11. Тривалість розвитку тріщини в стакані основного стояка шасі
Джерело: розроблено авторами

Згідно з отриманими результатами, тріщина довжиною 0,08 мм мала місце при наробітку з початку експлуатації ≈ 690 посадок. Тривалість розвитку тріщини в інтервалі довжин 0,08 мм – 2,14 мм склала ≈ 460 посадок.

Таким чином, аналіз проведених досліджень дозволяє зазначити, що руйнування стояка шасі має втомний характер. Тріщина зародилась в зоні радіусного переходу до місцевого потовщення під зварювальний шов. Остаточне руйнування деталі відбулося, коли площа втомної зони склала $\approx 2\%$ від площі перерізу. В зоні дії максимально високих навантажень ризики від механічної обробки і мікротріщини послуговували концентраторами напружень.

Для запобігання зародження тріщин в зоні радіусного переходу під зварний шов у верхній частині стакану стояків шасі, необхідно при черговому ремонті провести додаткові роботи:

зняти шар (далі – ЛФП) та цинкове покриття у вказаній зоні (зняття шару ЛФП проводити без застосування агресивних розчинів, які можуть сприяти розтравленню поверхні);

виконати магніто-порошковий контроль вказаної зони;

усунути концентратори напруги в зоні радіусних переходів до місцевого потовщення під зварювальні шви стакану 20.111.4111.3120.00.0 та довести місце контролю до шорсткості Ra1,25;

провести спеціальну термічну обробку стакану 20.111.4111.3120.00.0 при температурі 200-230°C впродовж 12 годин з метою зняття внутрішніх експлуатаційних навантажень;

провести поверхневе зміцнення зон радіусних переходів до місцевого потовщення під зварювальні шви стакану 20.111.4111.3120.00.0;

виконати повторне відновлення захисного ЛФП на деталях амортистійки основної опори 11.4111.3.000.000.

Висновки

1. Проведено аналіз інтенсивності вичерпання ресурсного потенціалу за посадками стояків шасі літаків типу Су-27.

2. З аналізу руйнування основного стояка шасі слідує, що руйнування має втомний характер. Тріщина зародилась в зоні радіусного переходу під зварювальні шви.

3. Визначено, що зміни мікрорельєфа в матеріалі стояка шасі утворюється в результаті перевантажень при грубій посадці літака.

4. Розроблено пропозиції до Переліку додаткових робіт на основній опорі 11.4111.3.000.000. при черговому ремонті.

Напрями подальших досліджень. У найближчій перспективі науковцями планується проведення досліджень щодо розроблення методики відновлення зварних з'єднань основних стояків шасі в зоні гальтельного переходу та

подальших пошукових досліджень для підвищення надійності і довговічності агрегатів шасійної групи. Також планується доведення наукових і науково-технічних знань до стадії практичного використання.

Список літератури

1. Пашенко С.В., Хільченко М.Ф., Юхачов В.В. Методологія збільшення ресурсів авіаційної техніки : Зб. наук. праць ДНДІА. Київ : ДНДІА, 2012. № 8(15). – С. 161-166.
2. Добриденко О.М., Стрела М.С., Карпенко О.В. Дослідження визначальних параметрів технічного стану літаків типу Су-27, які експлуатуються в умовах дії правового режиму воєнного стану : Зб. наук. праць ДНДІА. Київ : ДНДІА, 2024. № 20(27). – С. 179-187.
3. Звіт про результати аналізу надійності авіаційної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України за 2017 рік (інформаційно-аналітичний збірник). Київ : ДНДІА, 2018, –348 с.
4. Звіт за результатами виконання оперативного завдання щодо формування основних визначальних критеріїв технічного стану виробів авіаційної техніки при прийнятті рішень щодо їх допуску до подальшої експлуатації. Київ : ДНДІА, 2024, – 162 с.
5. Добриденко О.М., Стрела М.С., Карпенко О.В. Дослідження визначальних параметрів технічного стану літаків типу Су-27, які експлуатуються в умовах дії правового режиму воєнного стану : Зб. наук. праць ДНДІА. Київ : ДНДІА, 2024. № 20(27). – С. 179-187.
6. Витвицкий П.М., Попина С.Ю. Прочность и критерии хрупкого разрушения стохастически дефектных тел. К. : Наукова думка, 1980. – 187 с.
7. Осташ О.П. Механіка руйнування та міцність матеріалів. Довідниковий посібник. Том 15: структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій. Львів : СПОЛЮМ, 2015. – 312 с.
8. Бойко А. П., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М., Щибенко В.М. Конструкція літальних апаратів. Київ : Вища освіта, 2001. – 383 с.
9. Сборник методик исследования аварийной и неисправной авиатехники. Книга 2. Методики исследования агрегатов и систем шасси самолетов: Вип. 2849. Типография в/ч 75360, 1972. – 228 с.
10. Стрижиус В.Е. Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций. Справочное пособие. Москва : Машиностроение, 2012. – 272 с.

Надійшла до редколегії 08.10.2025

Схвалена до друку 12.11.2025

Відомості про авторів:

Добриденко Олег Миколайович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2029-1488>

Стрела Максим Скергійович

доктор філософії
старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4055-1600>

Information about the authors:

Oleg Dobridenko

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2029-1488>

Maxim Strela

PhD
Senior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4055-1600>

Токар Ігор Андрійович

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0009-0008-1842-1280>

Igor Tokar

Research Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0008-1842-1280>

SUBSTITUTION OF THE POSSIBILITY OF INCREASING THE INSTALLED RESOURCE OF THE SU-27 AIRCRAFT CHASSIS UNITS UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-WING REGIME MARTYR STATE

O. Dobridenko, M. Strela, I. Tokar

The continuation (increase) of the established indicators of Su-27 aircraft does not fully ensure the maintenance of the airworthiness of aircraft of this type, due to the exhaustion of the established indicators of units, the resources and service lives of which differ from the resources and service lives of the aircraft, primarily the chassis units.

Due to the high intensity of the use of aircraft when performing combat missions, it was precisely the chassis group units that rapidly exhausted their resource in landings, which necessitated the conduct of in-depth research to address the issue of further safe operation of these units beyond the established indicators.

Studies of the technical condition of the landing gear units of the Su-27 aircraft were carried out in accordance with the "Program of research and work to determine the possibility of individual extension of the intended service life of more than 24 years and increase of the intended resource of the landing gear units of the Su-27 aircraft" in the conditions of an aircraft repair enterprise and operating units under the scientific and methodological guidance of the State Research Institute of Aviation.

To ensure further safe operation of landing gear units of the Su-27 aircraft, it is necessary to carry out work in the following areas:

1. to perform an analysis of cases and causes of destruction of the landing gear strut and to work out and implement proposals for preventing their destruction.

2. to continue research and work to determine the possibility of individual phased extension (increase) of the established indicators of landing gear units of the Su-27 aircraft;

Therefore, research and optimal selection of rational directions for developing a model and scientific apparatus to assess the possibility of increasing the established resource of the landing gear units of Su-27 aircraft is a relevant and important optimization problem, using assumptions, restrictions, boundaries and conditions of real operation. The purpose of the article is to determine the technical condition of the landing gear group units of Su-27 aircraft, establish the cause of the destruction of the main landing gear strut and substantiate the possibility of extending (increasing) their established indicators.

Keywords: chassis units, technical condition, resource, military condition, Su-27, extension of resource indicators.