

doi: 10.32620/oikit.2025.103.01

УДК 629 73 0012

О. Г. Гребеніков, В. Є. Василевський

Конструктивно-технологічні методи забезпечення ресурсних характеристик закрилків літаків транспортної категорії

Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

У роботі проведено аналіз заходів для забезпечення ресурсних характеристик закрилків літаків транспортної категорії. Розглянуто заходи для забезпечення безаварійної експлуатації закрилків. Розглянуто забезпечення ресурсних характеристик при проектуванні та виготовленні закрилків, а також у процесі їх експлуатації. Розглянуто методи та заходи забезпечення ресурсу завдяки застосуванню сучасних методів оптимізації на базі скінченно-елементного моделювання. Важливим етапом проектування є вибір матеріалів для елементів конструкції закрилків. Розглянуто заходи з вибору матеріалів, методи підвищення ресурсу за рахунок поверхневого пластичного деформування, засоби захисту від зниження міцності в процесі експлуатації від атмосферних впливів, корозії й стирання. Розглянуто питання проектування за концепцією допустимого пошкодження та застосування методів та засобів неруйнівного контролю деталей та вузлів авіаційної техніки для надійного забезпечення ресурсу. Розглянуто експериментальні випробування з визначення довговічності втоми та характеристик живучості. Розглянуто заходи успішної експлуатації закрилків та механізмів їх навіски за рахунок широкого використання для діагностування методів неруйнівного контролю, застосування перевірок та моніторингу їх стану за допомогою автоматизованих систем.

Ключові слова: закрилок, проектування, конструкція, матеріали, втома, неруйнівний контроль, надійність, безпека.

Закрилки є одними з найважливіших агрегатів літаків транспортної категорії, що відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки під час зльоту, посадки та на малих висотах. Однією з основних задач, що безпосередньо впливає на надійність і безпеку експлуатації повітряного судна, є забезпечення ресурсних характеристик елементів конструкції закрилків і механізмів їх навішування. Процес забезпечення ресурсу умовно можна розділити на два етапи. Перший етап – забезпечення ресурсних характеристик під час проектування і виробництва закрилків, другий – забезпечення ресурсу в процесі їхньої експлуатації.

Розглянемо забезпечення ресурсних характеристик на етапі проектування і виробництва. У результаті теоретичних досліджень аеродинаміки літака і продувок в аеродинамічній трубі виконується оптимізація геометричних параметрів зовнішньої поверхні агрегатів планера і закрилків зокрема. Визначаються траєкторії руху закрилків у злітне і посадкове положення. Розробляється кінематичний механізм висунення закрилків, що забезпечує їхнє точне положення щодо крила в процесі всіх режимів польоту. Після отримання результатів розрахункових досліджень і продувок в аеродинамічній трубі визначають розрахункові навантаження на агрегати та елементи навішування закрилків. Визначаються навантаження типового польоту на підставі дослідження майбутніх маршрутів експлуатації проектного літака.

Розробляються конструктивно-силова схема, модель розподілу простору, попередні математичні моделі закрилків і механізмів його навішування. На підставі математичних моделей розробляють скінченно-елементні моделі, за

допомогою яких здійснюють оптимізацію конструктивних елементів як власне закрилків, так і механізмів їхнього навішування. Головним критерієм під час оптимізації є забезпечення заданих злітного і посадкового положень закрилка за рахунок оптимізації параметрів жорсткості закрилків і механізмів їх навішування при забезпеченні характеристик статичної міцності та ресурсу.

Важливим етапом проектування є вибір матеріалів для елементів конструкції закрилків. Для закрилків широко застосовують традиційні матеріали, як-то алюмінієві сплави, що мають гарні характеристики статичної міцності, втомної довговічності та живучості, такі як Д16ЧТ, 1161Т, полімерні композиційні матеріали (ПКМ) на основі вуглецевих, скляних та інших волокон. В елементах конструкції механізмів навішування закрилків необхідно використовувати матеріали, що володіють високими характеристиками міцності і жорсткості, такі як титанові сплави і сталі. Водночас необхідно враховувати чутливість матеріалів до впливу зовнішнього середовища, таких як температурні перепади, забруднення атмосфери, ультрафіолетове випромінювання, вологість, вплив солявого туману на морських маршрутах та інших.

Спостерігається тенденція збільшення частки застосування композиційних матеріалів. Так на закрилках Ан-74 застосовані тільки алюмінієві сплави, на закрилках Ан-140 також застосовані тільки алюмінієві сплави, але дефлектор виконаний з вуглепластиків. А на літаку Ан-148 з композиційних матеріалів виконано дефлектор, носова та хвостова частина закрилків. Порівняно з Ан-140 у конструкції закрилків Ан-148 обсяг застосування композиційних матеріалів істотно зріс. В ваговому відношенні це складає 35,5% від маси закрилків. Однак, необхідно визначити, що основна частка застосовуваних матеріалів – це алюмінієві сплави. Слід зазначити, що застосування алюмінієвих сплавів супроводжується значними витратами. Як показує світова практика, середнє співвідношення між часткою алюмінію серед закуплених матеріалів і його фактичною часткою в конструкції літака майже вдвічі вище, ніж для конструкцій із композиційних матеріалів. Тому слід надалі шукати матеріали з більш доскональними властивостями, які матимуть високу міцність, стійкість до пошкоджень, корозійну стійкість і стабільність характеристик [1].

Перспективними матеріалами для застосування в носовій та хвостовій частині закрилка є армовані термопласти. Конкурентною перевагою термопластів є економія маси в поєднанні з зниженням розходів, які досягаються завдяки використанню термічних процесів для формування та складання.

Втомне руйнування елементів конструкції, як правило, починається шляхом зародження поверхневих тріщин. Внаслідок цього процес суттєво залежить від стану поверхні елементів конструкції (шорсткості, структурних приповерхневих дефектів, залишкових напружень тощо). Тому ефективним методом підвищення ресурсу є поверхнєве пластичне деформування, яке створює стискальні залишкові напруження, формуючи сприятливу мікрогеометрію поверхні, змінюючи закономірності роботи під навантаженням в приповерхневому шарі елемента конструкції. Існує цілий ряд спеціальних методів поверхневого загартування. Це вібраційне шліфування, пневмодинамічне загартування, ударно-барабанне загартування, фракційнеструміневе загартування тощо. Слід використовувати ці методи для підвищення ресурсних характеристик елементів конструкції закрилків та механізмів їх навіски.

Навіть найсучасніші матеріали, як-то титанові сплави і нові розробки вуглецевих армованих сталей, можуть бути схильні до корозії в умовах тривалої

експлуатації, особливо за частих циклів нагрівання та охолодження. Тому для недопущення появи корозії елементів конструкції закрилків і механізмів їхнього навішування важливим етапом проєктування також є вибір захисних покриттів.

У закрилках та механізмах їх навіски потрібно застосовувати ряд конструкторських і технологічних рішень по захисту від зниження міцності в процесі експлуатації від атмосферних впливів, корозії й стирання. Металеві деталі конструкції, що виходять на зовнішній контур, потрібно анодувати після припасування, свердління й зенківки отворів. В якості основного способу захисту від корозії деталей з алюмінієвих сплавів потрібно використовувати сірчаноокисле анодне окиснення з наступним нанесенням лакофарбового покритву [2].

Для захисту деталей, що виходять на зовнішній контур, потрібно застосовувати варіанти фарбування на основі перхлорвінілових емалей, епоксидних емалей та поліуретанових емалей.

Закриті зони конструкції потрібно додатково захищати профілактичним, періодично поновлюваним в експлуатації, антикорозійним складом типу Динітрол.

Як відомо, агрегати із полімерних композиційних матеріалів мають наступні особливості:

- ♦ високий опір втоми при оптимальному змісті волокна в порівнянні з металевими сплавами й відсутність впливу фретинг-корозії на утому механічних з'єднань;

- ♦ нечутливість міцності й утому до малих концентраторів напруг, сумірних з поперечним розміром;

- ♦ насичення вологою й зниження внаслідок цього як механічних властивостей самого матеріалу, так і несучої здатності конструкцій, особливо при стиску (зсуві) в умовах експлуатаційних температур.

Для їхнього захисту повинні бути застосовані ефективні методи захисту поверхонь і особливо торців композиційних деталей від проникнення води за допомогою герметиків, лакофарбових і спеціальних захисних покриттів.

Також на довговічність композитних конструкцій впливають локальні ушкодження структури матеріалу від механічних ударів. Для агрегатів закрилків із ПКМ в експлуатації необхідно передбачати цільові огляди – як візуальні, так і із застосуванням інструментальних методів контролю (акустичні), а, також, розроблені відповідні карти неруйнівного контролю [2].

Конструктивно потрібно передбачати можливість легкого доступу до закритих зон конструкції за допомогою знімних носків, знімних хвостових частин та різноманітних лючків.

Як приклад застосування матеріалів у конструкції на рис. 1 представлено закрилок літака Ан-148. Носова і хвостова частини, дефлектор виконані з композиційних матеріалів. Кесонна частина, що складається з переднього і заднього лонжеронів, верхньої і нижньої панелей, виконані з алюмінієвого сплаву Д16ЧТ[3]

Під час проєктування важливим заходом забезпечення ресурсу є визначення напружено-деформованого стану (НДС) завдяки застосуванню сучасних методів оптимізації на базі скінченно-елементного моделювання.

За ступенем докладності моделювання конструкції та розмірів частини конструкції, що підлягає моделюванню, система аналізу міцнісних характеристик передбачає три рівні моделювання. Перший рівень загального напружено-деформованого стану, за якого моделюють крило із закрилками та механізмами

їхнього навішування. Модель використовується для розрахунків розподілу основних силових потоків у крилі, розрахунків загального напружено-деформованого стану, оптимізаційних задач щодо розподілу жорсткостей і мас у конструкції крила.

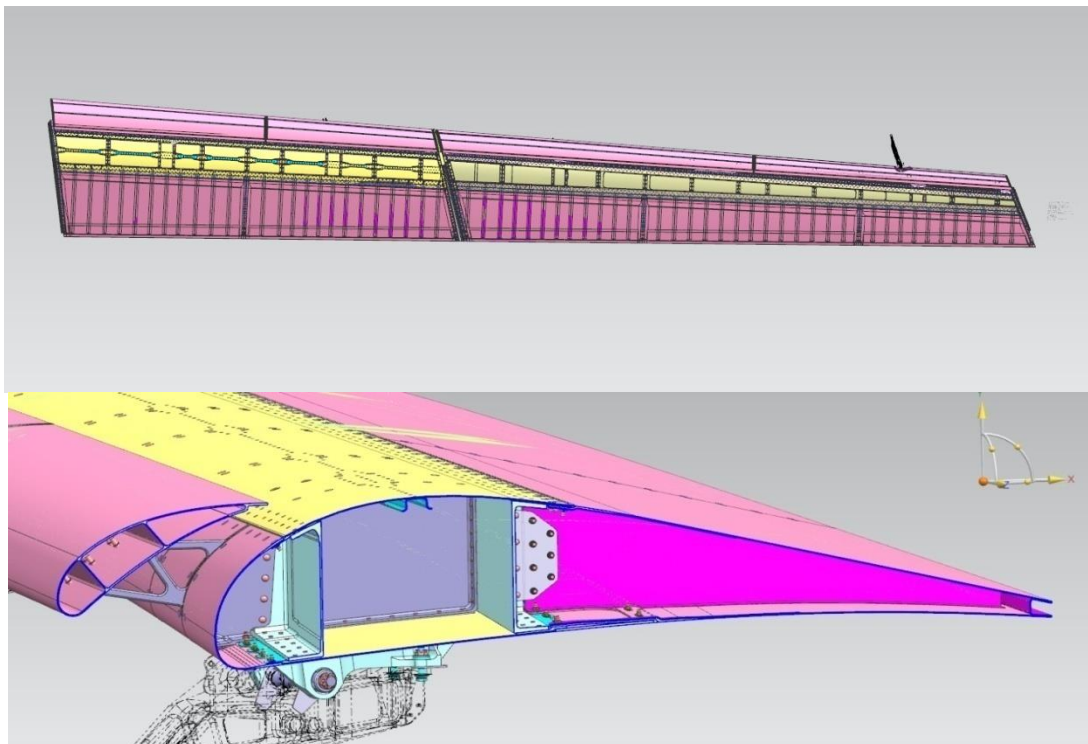


Рис.1. Закрилок літака Ан-148.

Другий рівень місцевого НДС, за якого моделюють відсік, що містить закрилок і механізми його навішування. Модель призначена для розрахунку місцевого ПДВ у точнішій постановці, визначення несучої здатності конструкції, оцінки характеристик живучості, отримання даних для уточненого аналізу ресурсних характеристик.

Третій рівень місцевого НДС, за якого моделюється кілька деталей закрилка або механізму його навішування. На моделі відпрацьовується місцеве НДС, мінімізується концентрація напружень, визначаються контактні взаємодії, розподіл зусиль по кріпильних точках, уточнюються дані для аналізу живучості та втомної довговічності.

У результаті такого підходу реалізується високий ступінь оптимізації та забезпечення характеристик міцності конструкції закрилків і їхнього навішування.

Під час оптимізації особливу увагу слід звернути на досягнення мінімальної концентрації напружень в елементах конструкції закрилків і механізмів їхнього навішування завдяки плавнішим переходам і уникненню різких переходів жорсткісних параметрів. Це досягається завдяки точнішому визначенню НДС під час розрахункових навантажень унаслідок детальнішого скінченно-елементного моделювання. На підставі отриманого напружено-деформованого стану під час навантажень типового польоту визначається втомна довговічність елементів конструкції закрилків і механізмів їх навішування.

Важливими складовими комплексу заходів щодо забезпечення ресурсних характеристик закрилків і механізмів їх навішування є експериментальні

дослідження з визначення втомної довговічності та характеристик живучості. Порівняння отриманих експериментальних значень втомної довговічності з розрахунковими значеннями показує ступінь досконалості розрахункових методик. На рис. 2 представлено стенд для ресурсних випробувань однієї із секцій закрилка і механізмів його навішування літака Ан-124 [4].

Особливе місце займають дослідження щодо забезпечення безпечної пошкоджуваності. У процесі проектування закладаються заходи щодо безпечної пошкоджуваності, як-то дублювання шляхів передавання навантажень, визначення критичних довжин тріщин в елементах закрилків і механізмів їх навішування. Розрахунками та експериментами підтверджується залишкова міцність за наявності критичних довжин тріщин і в разі виходу з ладу одного зі шляхів передавання навантаження за їх дублювання.



Рис. 2. Випробування закрилка і механізмів його навішування літака Ан-124.

Результати розрахункових та експериментальних досліджень лежать в основі підтвердження відповідності конструкції закрилків і механізмів їх навішування тактико-технічним вимогам і нормам авіаційних правил АП-25, FAR, EASA.

Таким чином, на етапі проектування і виробництва закрилків та їх навішування для забезпечення ресурсних характеристик необхідно здійснювати багаторівневу оптимізацію конструкції. При цьому найважливішими складовими є: вибір матеріалів для елементів конструкції, вибір методів підвищення ресурсних характеристик, таких як методи поверхневого пластичного деформування та інші, вибір методів захисту елементів конструкції від впливу зовнішнього середовища, вибір оптимальних технологічних процесів виготовлення, експериментальне підтвердження характеристик міцності, втомної довговічності та живучості.

Другим етапом забезпечення ресурсних характеристик закрилків і механізмів їхнього навішування є забезпечення якісного обслуговування і технічного моніторингу в експлуатації. Регулярне технічне обслуговування, включно з перевіркою механізмів закрилків, змащуванням і заміною зношених частин, впливає на забезпечення і збереження ресурсу і термінів служби.

Сучасні літаки проектуються за концепцією допустимого пошкодження, яка

виключає наявність дефектів та пошкоджень деталей та вузлів у момент початку їх експлуатації за умови їх виявлення методами неруйнівного контролю на докритичній стадії розвитку. Тому застосування методів та засобів неруйнівного контролю деталей та вузлів авіаційної техніки є одною з найважливіших передумов для забезпечення її надійної експлуатації.

На основі проведених розрахункових та експериментальних робіт визначаються припустимі інтервали між оглядами для основних силових елементів закрилків та механізмів їх навіски й рекомендовані інтервали для включення в програму технічного обслуговування літака.

Регламент технічного обслуговування, основою якого є Програма технічного обслуговування літака, містить операції з огляду конструкції, діагностики, профілактичних заходів для забезпечення досягнення заявлених ресурсних характеристик закрилків і механізмів їх навішування. У ньому представлено технології огляду та контролю конструкції закрилка і механізмів їх навішування, стандартизовані технологічні процеси з усунення дефектів, видалення корозії та запобігання її розвитку.

Для контролю авіаційної техніки широко використовують такі основні види і методи неруйнівного контролю: візуально-оптичний, радіаційний (рентгенівський), акустичний, ультразвуковий, магнітний, магнітопорошковий, вихрострумний, проникними речовинами, акустичний, імпедансний, метод вільних коливань.

Для ефективного застосування необхідно визначити необхідність неруйнівного контролю залежно від відповідальності та навантаження елемента конструкції, ступеня її резервування, впливу руйнування деталі на функціонування конструкції загалом. Необхідно визначити тип і характер дефектів, які можуть виникати в деталі (внутрішні або поверхневі, найвірогідніша орієнтація та форма дефектів тощо) під час експлуатації, критичні розміри дефектів, методи неруйнівного контролю, які здатні виявляти неприпустимі дефекти у деталі.

Для закрилків використовують, як правило, візуально-оптичний та вихрострумний методи неруйнівного контролю для металевих елементів конструкції. Для композиційних елементів використовують ультразвуковий, акустичний, імпедансний методи.

Що стосується механізмів навіски закрилків, елементи конструкції яких, як правило, виконуються з титанових сплавів або сталей, застосовують магнітний, магнітопорошковий або проникними речовинами [5].

При забезпеченні й підтримці безпеки експлуатації конструкції закрилків літаків за умовами міцності при тривалій експлуатації за основу повинно брати принцип поетапного встановлення й продовження призначених ресурсів і термінів служби, який дозволяє організувати ефективну взаємодію Розроблювача й Експлуатанта авіаційної техніки. Для забезпечення відпрацьовування проектного ресурсу й випереджального зняття обмежень, відповідно до вимоги необхідно провести комплекс випробувань на втому, випробувань на втому й функціонування, живучості й залишкової міцності. При цьому необхідно забезпечувати подвійний випереджувальний наробіток конструкції при випробуваннях на втому щодо нальоту літаків парку. Основні положення прийнятого підходу:

♦ початковий призначений ресурс не повинен перевищувати чверті проектного. Зазначені величини повинні бути підтверджені проведеними

випробуваннями на утому закрилків та механізмів їх навіски і на підставі їх розрахунків;

- ♦ початковий призначений термін служби не повинен перевищувати максимально досягнутого для літаків-прототипів терміну служби до першого капітального ремонту;

- ♦ збільшення ресурсів і термінів служби повинно проводитися на основі аналізу експлуатаційних даних (службової інформації, інформації про виявлені несправності й польотної інформації з бортових пристроїв);

- ♦ зчитування, попередня обробка (включаючи попередній аналіз) і нагромадження інформації повинно проводитися на формах оперативного технічного обслуговування;

- ♦ повинно проводитися безперервне (за необхідності) уточнення експлуатаційно-технічної документації літака й своєчасне інформування про це Експлуатанта (при необхідності через Авіаційні Департаменти).

Перераховані вище положення повинні знайти відбиття в експлуатаційній документації літаків (ЕД). Відпрацьовування проектних ресурсів (термінів служби) повинно проводитися поетапно. Діючі етапи відпрацьовування проектних ресурсів (термінів служби) повинно бути вказані в розділі «Обмеження льотної придатності» Керівництва з льотної експлуатації [6].

Розробник має забезпечувати безпеку експлуатації закрилків та механізмів їх навіски у межах зазначеного ресурсу і терміну служби шляхом:

- ♦ внесення уточнень ЕД;

- ♦ випуску бюлетенів, переліків замін деталей (одиниць устаткування), що мають обмежений ресурс (термін служби), технічної документації (ТД) на ремонті й доробки (при необхідності);

- ♦ видачі рекомендацій з технічної експлуатації закрилків та механізмів їх навіски при виявленні дефектів, що виходять за рамки ЕД;

- ♦ розробки індивідуальних Програм контролю старіння кожного екземпляра літака;

- ♦ інформаційної підтримки експлуатації літаків.

При цьому льотна придатність у частині забезпечення ресурсу (терміну служби) забезпечується за умови виконання Експлуатантом:

- ♦ вимог ЕД;

- ♦ робіт з індивідуальних Програм контролю старіння на трудомістких формах ТО для літаків;

- ♦ надання Експлуатантом для аналізу Розробнику інформації про наліт літака в годинах й польотах, відмовах і несправностях, умовах експлуатації. У випадках несвоєчасного й неповного інформування Розробника використовується консервативний підхід при збільшенні призначених ресурсів і термінів служби.

У результаті регулярних перевірок і моніторингу стану закрилків і механізмів їхнього навішування в експлуатації виявляють дефекти і пошкодження, які впливають на відпрацьовування ресурсних характеристик. Регулярні перевірки та моніторинг стану закрилків і механізмів їхнього навішування за допомогою автоматизованих систем дають змогу скоротити кількість відмов порівняно з літаками, де цей процес не автоматизовано. Датчики, встановлені на закрилках і елементах конструкції їхнього навішування, дають змогу в реальному часі стежити за їхнім станом і можуть в автоматичному режимі аналізувати їхній стан і передбачати можливі їхні відмови та поломки.

Таким чином забезпечення ресурсу закрилків - це складне і багатоаспектне завдання, що вимагає уважного підходу на всіх етапах експлуатації та обслуговування літаків транспортної категорії. Для забезпечення відпрацювання ресурсних характеристик на стадії експлуатації закрилків і механізмів їх навішування необхідно суворо виконувати вимоги регламенту технічного обслуговування. При цьому важливою складовою успішної експлуатації є широке застосування для діагностики методів неруйнівного контролю, впровадження регулярних перевірок і моніторингу стану закрилків і механізмів їх навішування за допомогою автоматизованих систем.

На багатьох типах літаків доволі частим дефектом є пошкодження рейок навішування закрилків по доріжках кочення роликів кареток. Особливо великі пошкодження у вигляді лунок спостерігаються в місцях зупинки кареток у злітне або посадкове положення. Їхня глибина часом досягає розмірів, що істотно знижують міцність рейок. На старих літаках такі дефекти призводили до заміни рейок на нові.

Такий дефект було виявлено в процесі експлуатації літаків «Руслан» на титанових напрямних балок механізмів навішування закрилків.



Рис. 3. Ремонт титанових напрямних наплавкою титана з наступним шліфуванням

Вироблення в експлуатації проявлялося не під час руху каретки, а в місцях «стоянки». Найбільше вироблення проявлялося під час тривалих перегонів двигунів із випущеними закрилками. Виникла небезпека появи тріщин у місцях глибокого вироблення. Спочатку проблему розв'язували зрушенням каретки назад і вперед від місця вироблення (коригуванням кутів випуску закрилків у злітному і посадковому положенні). Спільно з Інститутом зварювання Академії Наук України було розроблено програму з ремонту напрямних методом наварювання титану на спеціальних установках з подальшим шліфуванням. Потім поверхню, якою рухаються ролики механізму навішування закрилка, посилювали напиленням молібденового покриття (рис. 2). В експлуатації були випадки заміни напрямних на нові. Заходи боротьби з цим виробленням включають відмову від перегонів двигунів при випущених закрилках [4].

Забезпечення ресурсу закрилків - це складне і багатоаспектне завдання, що вимагає уважного підходу на всіх етапах проектування, виробництва та обслуговування в експлуатації літаків транспортної категорії. Оптимізація конструкції на етапі проектування та її виробництва, вибір матеріалів для елементів конструкції закрилків і механізмів їхнього навішування, підбір технологічних методів підвищення ресурсних характеристик, вибір методів і засобів захисту елементів конструкції від згубного впливу зовнішнього середовища, температури, застосування нових технологій, інноваційних матеріалів і систем моніторингу дає змогу значно підвищити надійність і довговічність закрилків, забезпечуючи безпеку польотів і ефективність експлуатації авіаційної техніки.

Виходячи з вищевикладеного можна стверджувати, що при застосуванні заявлених заходів, з проведенням випробувань на міцність та виконанні вказаних робіт забезпечується можливість відпрацювання проектних ресурсу й терміну служби закрилків та механізмів їх навіски, в тому числі агрегатів з композиційних матеріалів.

Список літератури

1. Гребеніков, О. Г., Василевський, В. Є. Особливості проектування механізації крила літака транспортної категорії / О. Г. Гребеніков, В. Є. Василевський // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології : зб. наук. пр. / Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». – Харків, 2023. – Вип. 98. С. 4–20.
2. Авиационно-космические материалы и технологии / Богуслаев В. А. и др. – Запорожье: ОАО "Мотор Сич", 2007. – 383 с.
3. Стандартная спецификация самолета Ан-148. – К.: ГП АНТК им. О. К. Антонова, 2006. – 798 с.
4. Непревзойденный "Руслан" и его творцы. История создания самолета Ан-124 / сост. О. К. Богданов. – КВИЦ, 2019. – 232 с.
5. Неразрушающий контроль металлов и изделий : справочник. / под ред. Г. С. Самойлова. – М., "Машиностроение", 1976. 456 с.
6. Концепція створення сучасних реактивних регіональних пасажирських літаків : монографія / П. В. Балабуєв та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХФС», 2020. – 254 с.

References

1. Grebenikov, O. G., Vasilevskij, V. Ye. Osoblivosti proektuvannya mehanizaciyi krila litaka transportnoyi kategoriyi / O. G. Grebenikov, V. Ye. Vasilevskij // Vidkriti informacijni ta komp'yuterni integrovani tehnologiyi : zb. nauk. pr. / Nac. ayerokosm. un-t im. M. Ye. Zhukovskogo «HAІ». – Harkiv, 2023. – Vip. 98. S. 4–20.
2. Aviacionno-kosmicheskie materialy i tehnologii / Boguslaev V. A. i dr. – Zaporozhe: OAO "Motor Sich", 2007. – 383 s.
3. Standartnaya specifikaciya samoleta An-148. – K.: GP ANTK im. O. K. Antonova, 2006. – 798 s.
4. Neprevzoidennyj "Ruslan" i ego tvorcy. Istoriya sozdaniya samoleta An 124 / sost. O. K. Bogdanov. – KVIC, 2019. – 232 s.
5. Nerazrushayushij kontrol metallov i izdelij : spravochnik. / pod red. G. S. Samojlova. – M., "Mashinostroenie", 1976. 456 s.

6. Konceptiya stvorenniya suchasnihi reaktivnihi regionalnihi pasazhirskih litakiv : monografiya / P. V. Balabuyev ta in. – Harkiv : Nac. aerokosm. un-t im. M. Ye. Zhukovskogo «HFS», 2020. – 254 s.

Надійшла в редакцію 14.03.2025, розглянута на редколегії 14.03.2025.

Design and technological methods for ensuring the resource characteristics of flaps of transport category aircraft

The paper analyses measures to ensure the resource characteristics of transport category aircraft flaps. Measures to ensure trouble-free operation of flaps are considered. The paper considers ensuring the service life of flaps in the design and manufacture of flaps, as well as in the process of their operation. The methods and measures to ensure the service life through the use of modern optimisation methods based on finite element modelling are considered. An important stage of design is the selection of materials for flap structure elements. The paper considers measures for the selection of materials, methods of increasing the service life due to surface plastic deformation, and means of protection against the reduction of strength during operation from atmospheric influences, corrosion, and abrasion. The issues of designing according to the concept of permissible damage and the use of methods and means of non-destructive testing of aircraft parts and components to ensure reliable service life are considered. Experimental tests to determine fatigue life and survivability characteristics are considered. The measures of successful operation of flaps and their hinge mechanisms are considered due to the widespread use of non-destructive testing methods for diagnostics, application of inspections and monitoring of their condition using automated systems.

Keywords: flap, design, construction, materials, fatigue, non-destructive testing, reliability, safety.

Відомості про авторів

Гребеніков Олександр Григорович – доктор технічних наук, професор кафедри конструкції літаків та вертольотів, Національний аерокосмічний університет, Україна, agrebenikov@ukr.net. ORCID:0000-0002-1509-0665

Василевський Віталій Євгенович – аспірант, Національний аерокосмічний університет «ХАІ», Україна, vivas7309@gmail.com. ORCID: 0009-0004-0200-887.

About the Authors

Grebenikov Oleksandr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Aircraft and Helicopter Design, National Aerospace University "KhAI", Ukraine, agrebenikov@ukr.net. ORCID:0000-0002-1509-0665

Vasilevskiy Vitalii – PhD student, National Aerospace University "KhAI", , Ukraine, vivas7309@gmail.com. ORCID: 0009-0004-0200-887