

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ АВІАЦІЇ**



Науково-практична конференція
Актуальні проблеми
утримання та розвитку парку
авіаційної техніки державної
авіації України

Тези доповідей та виступів

23 грудня 2025 року

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ АВІАЦІЇ**



**Науково-практична конференція
“Актуальні проблеми утримання та
розвитку парку авіаційної техніки
державної авіації України”**

Тези доповідей та виступів

23 грудня 2025 року

ЗМІСТ

Прізвище та ініціали автора тез, назва тез	Стор.
Шостак В., Кубарь С., Кононов О. Аспекти науково-технічного супроводження авіаційної техніки державної авіації	4
Бабкіна Т., Ващенко Ю., Вознюк М., Єрко В., Храмченко В. Методика оцінки достатності ємності акумуляторної батареї як аварійного джерела живлення бортового обладнання військової авіаційної техніки	9
Блискун О., Шлюхарчук В., Соловійов Є., Печененко О. Мультидоменна концепція ударних дій повітряної компоненти	12
Бологін А., Жикол П. Методи розв'язання задач підтримки прийняття рішень про подальшу експлуатацію літальних апаратів	15
Бологін А., Манулін Ю., Горохов Г. Оцінка умов безпеки польотів на основі використання теорії марковських процесів	18
Бондар А, Шумілін Г., Харченко В., Агамова Р. Особливості експлуатації допоміжних силових установок літальних апаратів державної авіації України в умовах дії правового режиму воєнного стану	21
Внуков А., Челобітченко О., Діденко Ю. Підвищення якості ремонту військової авіаційної техніки на авіаційних ремонтних підприємствах	24
Глущенко П., Кумпаненко В., Коваленко Є. Чисельне визначення аеродинамічних характеристик Х-крила для БПЛА-перехоплювача	27
Горохов Г., Гришин В., Скляр О. Застосування методу групового обліку аргументів для визначення умов безпечної експлуатації планера повітряних суден	30
Грень В., Фокін С. Аналіз впливу експлуатаційних і бойових факторів на технічний стан бортової електричної системи літаків тактичної авіації	33
Добриденко О., Стрела М., Токар І. Обґрунтування можливості збільшення встановленого ресурсу агрегатів шасі літака типу Су-27 в умовах дії правового режиму воєнного стану	36
Довжук Д., Логвиненко М., Перескоков В. Дослідження можливостей підвищення завадостійкості інфрачервоних головок самонаведення	38
Євмешкін О., Деревянко М. Забезпечення якості ремонту виробів авіаційної техніки державної авіації в умовах обмежених ресурсів та інтенсивного бойового застосування	41
Заріцький І., Вабішевич О., Ільїна О. Методика синтезу закону управління асинхронним стартер-генератором в системі запуску газотурбінних двигунів літаків військово-транспортної авіації при реалізації концепції повністю електрифікованого літака	44
Касянчик О., Ільїна О. Організаційні та практичні аспекти підтримання боєздатності підрозділів державної авіації України в умовах воєнного стану	47

Прізвище та ініціали автора тез, назва тез	Стор.
Лихоліт М., Осокін В., Тягур В. Створення системи візуальної навігації з використанням методу крос-спектральної кореляції зображень	50
Мавренков О., Матвійчук С., Мавренкова А. Алгоритм побудови та функціонування солверів у системах підтримки прийняття рішень на основі GMDH-методу	53
Семенюк А., Смук Р., Лобань О. Досвід створення бортових відповідачів та наземних радіолокаційних запитувачів системи держвпізнання “свій” – “чужий”	56
Скляр О., Нагорний Л., Ковель П. Про збільшення ресурсних показників втулково-роликових ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ), Ми-24	59
Склярів А., Полуянов В., Гайдамашко Г. Аспекти вибору базового зразку баражуючого боєприпасу для створення вертолітного комплексу	62
Стешенко П., Богославець С., Кібіткіна Н. Вивчення досвіду розвитку безпілотних авіаційних систем (комплексів) Сил оборони України за 2022-2025 роки	65
Сторожук С., Чечет О., Корень А. Модернізація авіаційних засобів ураження та забезпечення льотної придатності військової авіаційної техніки в умовах воєнного стану	68
Туренко Р., Голубков Д., Приходько С. Модернізація навігаційного обладнання та засобів орієнтації тактичної авіації України	71
Тягур В., Лихоліт М. Модернізація авіаційних керованих ракет Р-73 та Р-27Т	75
Чередніков О. Особливості виявлення за допомогою дронів важкопоранених що не можуть самостійно пересуватись з полю бою	77
Чумаченко С., Перескоков В., Улізько В., Камишев Д. Системний підхід до розробки стандартної операційної процедури ліквідації надзвичайної ситуації розливу гідрозину після аварійної посадки літака F-16	79
Чумаченко С., Самойленко О., Невзгляденко Ю., Маракулін О. Особливості реалізації алгоритмів підтримки прийняття рішень в ситуаційному центрі супроводження концепції розвитку державної авіації	83
Шатров А., Шабанов П., Любарець А., Крижанівський Є. Перспективні системи корекції керованих авіаційних бомб	86
Яровицин О., Черв'яков М., Мотрунич С., Шульгін А., Самулєєв В. Особливості експлуатаційної деградації матеріалу диску ТВТ зі сплаву ЭП 742-ИД та впливу термічної обробки за режимом старіння на його механічні властивості	89
Алфавітний покажчик авторів	92

Владислав Шостак, Сергій Кубарь, Олексій Кононов

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

АСПЕКТИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

В тезах доповіді розкривається сутність та особливості сучасного етапу підтримання льотної придатності та розвитку авіаційної техніки державної авіації, висвітлюється роль та місце Державного науково-дослідного інституту авіації у зазначених процесах. Представлено основні результати науково-технічного супроводження інститутом робіт з підтримання льотної придатності, імпортозаміщення, продовження призначених показників, модернізації і ремонту авіаційної техніки державної авіації за період 2022 – 2025 роки.

Ключові слова: авіаційна техніка, науково-технічне супроводження, підтримання льотної придатності, імпортозаміщення, продовження призначених показників, модернізація, ремонт.

Вступ

Постановка проблеми. Державна авіація України в умовах повномасштабного російського вторгнення стикається з викликами, що не мають аналогів у сучасній історії. Продовження виконання бойових та спеціальних завдань у жорстких умовах тотальної війни на виснаження потребує не тільки героїзму особового складу, але й безперебійного функціонування авіації як складної організаційно-технічної системи. Водночас, класичні підходи до підтримання льотної придатності (ЛП) та розвитку авіаційної техніки (АТ) зазнали серйозних обмежень через системні фактори воєнного часу: безповоротні втрати та ушкодження АТ, гострий дефіцит оригінальних запасних частин та матеріалів, ускладнення логістичних ланцюгів, фізичне руйнування інфраструктури тощо.

У цьому контексті науково-технічне супроводження (НТС) заходів з підтримання ЛП та розвитку АТ трансформується з підтримуючої функції на критичний стратегічний компонент обороноздатності держави та стає одним з детермінуючих чинників у забезпеченні боєздатності державної авіації України. Провідну роль у цьому процесі відіграє Державний науково-дослідний інститут авіації (ДНДІА), на який покладено завдання щодо проведення єдиної державної політики з питань НТС робіт з забезпечення розроблення, експлуатації, ремонту, модернізації і продовження строку експлуатації АТ державної пілотованої та безпілотної авіації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З моменту проголошення незалежності України ДНДІА став ключовим суб'єктом провадження військово-технічної політики України у галузі військової авіації. Інститут розробив теоретичні засади і в подальшому взяв на себе функції розбудови сучасної системи забезпечення справності та модернізації озброєння,

військової та спеціальної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України (ЗС України), за якими не здійснюється авторський нагляд, та забезпечив її функціонування шляхом розроблення відповідного нормативно-правового поля законодавства України, зокрема [1 – 3].

Функції науково-технічного супроводження всієї номенклатури АТ державної авіації на всіх етапах її життєвого циклу інститут реалізує у відповідності до низки нормативно-правових актів, які визначають його місце як Головної організації Замовника в системі експлуатації, ремонту та модернізації авіаційної техніки ЗС України, зокрема [4 – 8].

При науково-технічному супроводженні ДНДІА було розпочато модернізацію основних типів літальних апаратів (ЛА) авіації ЗС України, за результатами якого у передвоєнний період було прийнято на озброєння ЗС України тактичні винищувачі, штурмовики, бомбардувальники, навчально-бойові та військово-транспортні літаки, ударні та транспортно-бойові вертольоти з поліпшеними тактико-технічними характеристиками.

На сьогодні ДНДІА у взаємодії з провідними компаніями авіаційної галузі країн-партнерів функціонує в умовах жорстких вимог правового режиму воєнного стану, супроводжуючи заходи з оснащення авіації ЗС України новими сучасними зразками АТ країн НАТО та роботи з розширення функціональності ЛА радянського виробництва шляхом їх дообладнання високоточними авіаційними засобами ураження дальньої дії західного виробництва, захищеними засобами зв'язку та передачі даних, системами бортової оборони та ін.

Мета. Висвітлення ролі та місця Державного науково-дослідного інституту авіації в системі підтримання ЛП та розвитку АТ державної авіації в період дії правового режиму воєнного стану та представлення основних результатів діяльності за період після початку повномасштабної російської агресії.

Основна частина

Актуальність розвитку та адаптації системи НТС АТ в Україні продиктована комплексом ключових потреб:

оптимізація експлуатації в екстремальних умовах: необхідність науково обґрунтованого перегляду норм ресурсу, міжремонтних термінів, регламентів технічного обслуговування та процедур оцінки технічного стану АТ з урахуванням реальних, значно посилених навантажень воєнного часу;

імпортозаміщення та адаптація: розробка вітчизняних аналогів критичних компонентів, паливно-мастильних матеріалів, програмно-апаратних комплексів, а також методик їх інтеграції в існуючі бортові системи літаків і вертольотів різних поколінь;

розширення функціональності та модернізація: наукове забезпечення процесів поліпшення тактико-технічних характеристик, бойового потенціалу та строку служби АТ шляхом інтеграції новітніх вітчизняних і західних розробок;

прогнозування та управління ризиками: створення науково-методичного апарату для прогнозування відмов, аналізу поведень матеріалів і конструкцій під впливом бойових пошкоджень і нестандартних експлуатаційних факторів, що дозволяє запобігати небойовим втратам;

стандартизація: розроблення технічних регламентів та стандартів, що відповідають реаліям експлуатації АТ в умовах гібридної війни та обмежених ресурсів.

На сьогодні основними напрямками науково-технічного супроводження парку АТ державної авіації спрямованими на отримання практичних результатів, є:

підтримання справності та льотної придатності АТ в умовах експлуатуючих частин;

розроблення перспективних (модернізація / дообладнання під сучасні вимоги існуючих) зразків АТ;

капітальний ремонт, відновлення справності, імпортозаміщення виробів та систем АТ;

супроводження життєвого циклу безпілотних авіаційних систем.

За першим напрямом у період 2022 – 2025 років проведені прикладні дослідження з продовження ресурсних показників, експлуатації за технічним станом як в умовах авіаційно-ремонтних підприємств, так і в умовах експлуатуючих частин у складі виїзних бригад, дозволили підтримувати справність існуючого парку військової АТ.

ДНДІА постійно проводиться аналіз проблемних питань експлуатації авіаційної техніки та виконуються за визначеними напрямками випереджаючі дослідження, відпрацьовано перелік визначальних параметрів, за контролем яких приймаються рішення щодо продовження експлуатації АТ за межами призначених ресурсних показників в умовах воєнного стану. Найбільш вагомими результатами на сьогодні є збільшення призначеного ресурсу вертольотам та встановлених ресурсних показників окремим виробам авіаційної техніки критичної номенклатури. За результатами робіт відпрацьовуються відповідні програмні та розпорядчі документи, методичні рекомендації з виконання робіт.

За напрямом розвитку та модернізації авіаційної техніки основні зусилля зосереджені на розробленні технічних вимог та тактико-технічних завдань на розроблення нових засобів ураження, адаптації авіаційних засобів ураження країн партнерів та дообладнанні літальних апаратів сучасними системами.

В умовах воєнного стану альтернативою дослідно-конструкторським роботам є виконання робіт за бюлетенями промисловості. ДНДІА приймає активну участь в таких роботах, які направлені на підвищення захисту авіаційної техніки, мілітаризації вертольотів, удосконаленню зв'язкового та навігаційного обладнання. В процесі виконання робіт фахівці ДНДІА розробляють технічні вимоги, проводять експертизу технічних рішень, розробленої документації.

Окремим актуальним напрямом на сьогодні є оснащення ЛА авіаційними засобами ураження іноземного виробництва. В процесі супроводження таких робіт ДНДІА відпрацьовуються технічні вимоги до адаптації зразків АТ під нові засоби ураження. При виконанні вітчизняними підприємствами робіт з розроблення авіаційних засобів ураження ДНДІА в процесі їх супроводження відпрацьовуються відповідні тактико-технічні завдання.

Зважаючи на відсутність авторського супроводження та враховуючи, що більшість виробників комплектувальних виробів знаходяться на території рф, ДНДІА на постійній основі проводяться дослідження щодо імпортозаміщення виробів критичної номенклатури та впровадження нових технологій відновлення складових АТ з метою збільшення їх ресурсу. Відпрацьовано відповідні переліки таких виробів і розпочато роботу з підприємствами промисловості.

При виконанні зазначених заходів ДНДІА проводиться науково-технічна експертиза конструкторської, технологічної і ремонтної документації. За результатами здійснюється допуск до експлуатації деталей під час виконання капітального ремонту. Прикладом такої роботи є супроводження освоєння виготовлення критичної номенклатури підшипників авіаційних двигунів.

Окремим напрямом, і на сьогодні самим актуальним, є безпілотна авіація. Фахівці ДНДІА приймають активну участь в роботі постійно діючих комісій з розгляду перспективних інноваційних проєктів за напрямом “Безпілотні літальні апарати”. За їх участю розроблено всі існуючі на сьогодні технічні вимоги до БпЛА. У рамках виконання оперативних завдань розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для дешифрування знімків з розвідувальних БпЛА та для ведення бази даних БпЛА. Постійно проводиться вивчення у взаємодії з виробниками трофейних зразків БпЛА та дослідження перспективних зразків БпЛА. Ведеться плідна робота зі стандартизації та уніфікації за напрямом безпілотних авіаційних систем – розроблення військових стандартів системи загальних технічних вимог.

Висновки

1. В сучасних умовах науково-технічне супроводження заходів з підтримання льотної придатності та розвитку авіаційної техніки стає визначальним чинником забезпечення боєздатності державної авіації України.

2. Подальше забезпечення боєздатності державної авіації України потребує впровадженнь в практику адаптивних моделей науково-технічного супроводження, сучасних методів прогносної діагностики, цифрових технологій обробки технічної інформації, інноваційних підходів до модернізації АТ, що враховують набутий бойовий досвід, інтегрують кращі світові практики та відповідають українським реаліям.

3. Важливою особливістю сучасного етапу науково-технічного супроводження авіаційної техніки державної авіації є необхідність

врахування чинника післявоєнних (довгострокових) перспектив: відновлення авіаційного парку після війни, інтеграції до європейських стандартів авіабезпеки та розвитку вітчизняної авіапромисловості.

Список використаних джерел

1. Розпорядження Президента України від 27 вересня 2005 року № 1175 “Про заходи щодо забезпечення розвитку Повітряних Сил Збройних Сил України” .
2. Закон України “Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення справності і модернізації озброєння та військової техніки Збройних Сил України” .
3. Порядок забезпечення справності та модернізації озброєння, військової та спеціальної техніки Повітряних Сил Збройних Сил, за якими не здійснюється авторський нагляд, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 03.07.2006 № 915 “Про забезпечення розвитку Повітряних Сил Збройних Сил”.
4. Наказ Міністра оборони України від 20.06.2011 № 339 “Про затвердження Порядку технічного супроводження експлуатації військової авіаційної техніки Збройних Сил України, за якою не здійснюється авторський нагляд”.
5. Наказ Міністерства оборони України від 12.01.2015 № 904 “Про затвердження Порядку експлуатації за технічним станом виробів авіаційної техніки державної авіації, за якими розробник (виробник) не виконує своїх обов’язків із супроводження експлуатації та підтримання льотної придатності”.
6. Наказ Міністерства оборони України від 16.02.2015 № 68 “Про затвердження Порядку продовження (збільшення) встановлених показників виробів авіаційної техніки державної авіації, за якими не здійснюється авторський нагляд”.
7. Наказ Міністерства оборони України від 13.10.2014 № 732 “Про затвердження Порядку відновлення та взяття на облік конструкторської, технологічної і ремонтної документації авіаційної техніки державної авіації, за якою не здійснюється авторський нагляд”
8. Наказ Міністерства оборони України від 16.07.2016 № 343 “Про затвердження Порядку освоєння ремонту виробів авіаційної техніки державної авіації, їх компонентів та обладнання, за якими розробник, виробник не здійснює супроводження експлуатації та підтримання льотної придатності”.

**Тетяна Бабкіна, Юрій Ващенко, Микола Вознюк, Віктор Єрко,
Вячеслав Храмченко**

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДОСТАТНОСТІ ЄМНОСТІ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ЯК АВАРІЙНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ ВІЙСЬКОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Наведено розроблену методику оцінювання достатності ємності акумуляторної батареї для літального апарата визначеного типу, яка є одна із складових частин методичного апарату допуску аварійних джерел живлення іноземного виробництва до експлуатації у складі бортового обладнання літаків і вертольотів Збройних Сил України.

Ключові слова: акумуляторна батарея, бортове обладнання, військова авіаційна техніка, достатність ємності акумуляторної батареї, літальний апарат, методика.

Вступ

Постановка проблеми. У сучасних умовах інтенсивного використання авіації в бойових діях недостатня забезпеченість літальних апаратів (ЛА) авіаційних частин Збройних Сил (ЗС) України аварійними джерелами живлення бортового обладнання (БО), до яких належать акумуляторні батареї (АБ), може стати однією з причин зниження рівня боєздатності авіаційних частин. Вичерпання ресурсів (строків служби) АБ військової авіаційної техніки (ВАТ), припинення виробництва певних типів АБ, відсутність вітчизняного виробництва АБ вимагають вирішення питання щодо застосування альтернативних АБ.

Мета доповіді - викладення методики оцінювання достатності ємності АБ для ВАТ як складової частини методичного апарату допуску аварійних джерел живлення іноземного виробництва до експлуатації у складі БО літаків і вертольотів ЗС України.

Основна частина

На наш погляд, цей апарат має складатися з двох блоків, а саме: перший блок має розкривати порядок вибору найкращого (раціонального) за певними ознаками варіанта типу АБ із тих типів, які задовольняють вимогам щодо застосування у складі ЛА відповідного типу, а другий блок - порядок дій щодо забезпечення застосування обраного типу АБ у складі ЛА відповідно до нормативно-правових документів державної авіації України.

Вибір найкращого (раціонального) за певними ознаками варіанта типу АБ потребує, перш за все, аналізування можливих наявних і перспективних варіантів АБ іноземного виробництва для використання на ЛА ЗС України.

При цьому:

- під можливим варіантом АБ розуміємо такий тип АБ, що його за технічними характеристиками розглядаємо як припустимий (але ще не допущений) для використання на визначеному типі ЛА;

- під наявним варіантом АБ розуміємо тип АБ іноземного виробництва, що його допущено в Україні до використання на ВАТ, крім визначеного типу ЛА;

- під перспективним варіантом АБ розуміємо тип АБ іноземного виробництва, що його ще не допущено в Україні до використання на ВАТ.

Результати аналізу дозволять, по-перше, отримати порівняльні експлуатаційні характеристики аварійних джерел живлення для ЛА, по-друге, визначити шляхи імпортозаміщення аварійних джерел живлення літаків і вертольотів авіації ЗС України та забезпечення належного рівня справності ВАТ.

Вибір типів АБ повинен являти собою розв'язання задачі оптимізації, результатом якого є не значення параметрів із обраної сукупності параметрів, але тип АБ з певними характеристиками, за певними процедурами (алгоритмами) при виконанні заданих (апріорно відомих) умов і обмежень, тобто йдеться про формування єдиного підходу до вибору не оптимального, а *раціонального* варіанта забезпечення справності аварійних джерел живлення ВАТ, що вимагає розробки відповідної методики.

Під час розробки методики оцінки достатності ємності АБ для використання на ЛА визначеного типу, перш за все, необхідно визначитися з типами джерел живлення, із яких і буде вибрано тип АБ, з урахуванням характеристик надійності БО конкретного типу авіаційної техніки, системи електроживлення зокрема. Основні критерії, за якими можна включати АБ в перелік, є ємність та потужність АБ. Вони є достатні, коли забезпечують [1]:

а) на землі (без використання аеродромного джерела):

- п'ятихвилинну роботу зв'язкової або командної радіостанції в режимах "Прийом" та "Передача", роботу літакового переговорного пристрою, а на вертольотах, крім того, - випробування обладнання під час передпольотної підготовки;

- трьох- і чотирьохразовий автономний запуск авіадвигунів або трьохразовий автономний запуск допоміжної силової установки (ДСУ);

б) у польоті:

- три спроби запуску авіадвигуна або ДСУ;

- живлення приймачів I категорії при відмові основних джерел електроенергії або відмові авіадвигунів під час зниження ЛА з максимальної висоти виконання завдання до завершення польоту й здійснення посадки.

Мінімально достатні значення ємності та потужності АБ залежать від типу ЛА. Тому для визначеного типу ЛА необхідно проаналізувати, який із аварійних режимів є режимом із максимальним витрачанням ємності АБ. Для цього режиму можна розрахувати споживаний струм і тривалість режиму, тобто визначити мінімально потрібне значення ємності АБ.

Необхідно підкреслити, що кількість аварійних режимів для системи електропостачання ЛА може бути й більше, ніж було зазначено вище. Усе залежить від особливостей побудови й застосування відповідного типу ЛА та завдань, що їх визначено досліднику.

Алгоритм визначення мінімальної ємності АБ Q_{\min} наведено на рис. 1. Вважаємо, що мінімально потрібне значення ємності АБ чітко відповідає максимальному витрачання ємності Q_i , ("i" приймає значення від 1 до m) АБ для одного із m обраних аварійних режимів.

Отже, ємність АБ Q_{AB} вважаємо достатньою, якщо $Q_{AB} \geq Q_{\min}$.

Висновки

Розроблену методику оцінювання достатності ємності АБ для ЛА визначеного типу можна використовувати як одну із складових частин методичного апарату допуску аварійних джерел живлення іноземного виробництва до експлуатації у складі БО ВАТ. Застосування зазначеного методичного апарату дозволить ефективно вирішувати завдання підтримання справності, бойових можливостей і безпечної експлуатації літаків і вертольотів ЗС України при інтенсивному використанні за призначенням в умовах ведення бойових дій та дислокації поза базових аеродромів.

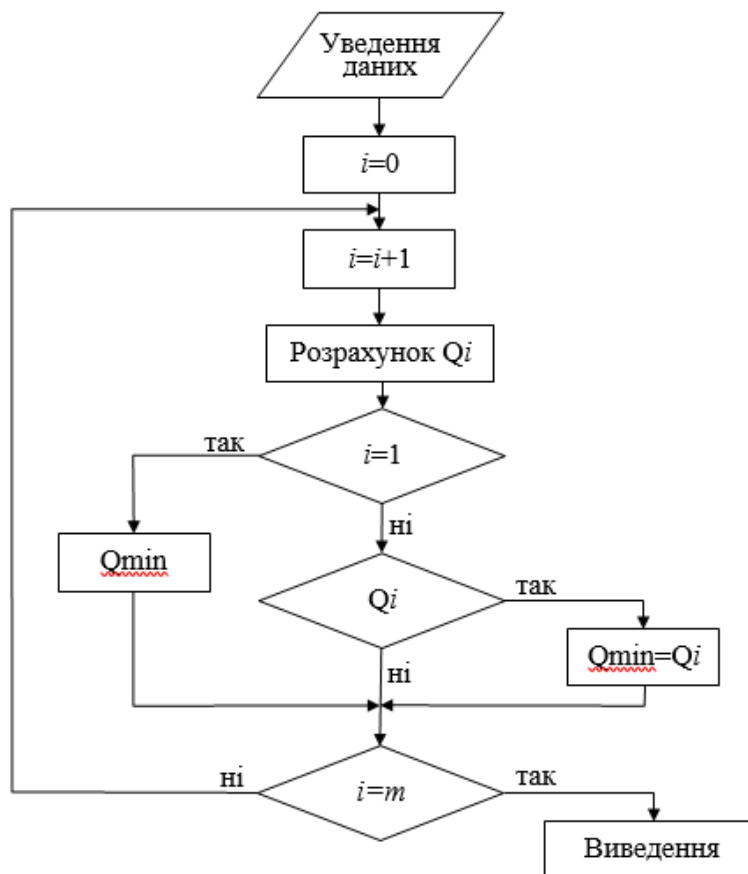


Рис.1.Алгоритм визначення мінімальної ємності акумуляторної батареї

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 60952-3:2022 Авіаційні батареї. Частина 3. Технічні умови на продукцію та декларація про конструкцію та експлуатаційні характеристики (DDR) (EN 60952-3:2013, IDT; IEC 60952-3:2013, IDT).

**Олександр Блискун¹, Володимир Шлюхарчук¹, Євген Соловійов¹,
Олег Печененко²**

¹Головне управління розвитку спроможностей авіації, Київ

²Національний університет оборони України, Київ

МУЛЬТИДОМЕННА КОНЦЕПЦІЯ УДАРНИХ ДІЙ ПОВІТРЯНОЇ КОМПОНЕНТИ

У роботі викладено результати дослідження, присвяченого формуванню мультидоменної концепції ударної операції повітряної компоненти із застосуванням літаків, вертольотів і безпілотних авіаційних комплексів із використанням спроможностей інших доменів (наземного, морського, космічного та кібернетичного). На основі аналізу сучасних підходів до багатодомених операцій та узагальнення бойового досвіду України розроблено структурну модель ударної операції. Визначено ключові завдання ударних місій. Обґрунтовано доцільність модульного підходу до формування ударних спроможностей, що дає змогу адаптувати склад і конфігурацію сил до змін оперативної обстановки та умов застосування.

Ключові слова: мультидоменна операція, ударні дії, повітряна компонента, літаки, вертольоти, безпілотні авіаційні комплекси, високоточні засоби ураження, модульні спроможності.

Вступ.

Постановка проблеми. Сучасні воєнні конфлікти характеризуються проведенням багатодомених операцій, як узгоджених дій у всіх основних сферах збройної боротьби (наземній, повітряній, морській, космічній та кібернетичній) одночасно [1]. Доктринальні документи НАТО визначають повітряну могутність як гнучкий інструмент, здатний швидко маневрувати та забезпечувати всеприсутність [2]. Практика війн кінця ХХ початку ХХІ ст. підтверджує вирішальну роль високоточної ударної авіації, зокрема під час операції НАТО в Косові 1999 року, де саме точність і синхронізація повітряних ударів визначили темп кампанії [3].

Актуальність переходу до багатодомених підходів різко зросла в умовах новітніх воєнних зіткнень. Російсько-українська війна стала полігоном для масованого використання різнорідних засобів та носіїв ураження, що спричинило докорінну трансформацію способів ведення бойових дій [4]. Росія вже продемонструвала здатність до комбінованих ударів, у яких авіація, ракетні війська та артилерія завдають вибіркового високоточних ударів по критично важливих об'єктах на всій глибині території України [7]. У таких умовах виникає потреба у формуванні сучасної концепції ударної операції в багатодомennomu середовищі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематика інтеграції авіаційних платформ у багатодоменні операції знайшла значний відгук у дослідженнях країн НАТО, США та України. У роботах західних авторів розкривається динаміка розвитку концепції Multi-Domain Operations (MDO) [3].

Країни НАТО ще проходять етап переходу від спільних до багатодомених операцій, а ключовими обмеженнями залишаються організація управління та взаємосумісність платформ [5]. Концепція Multi-Domain Command and Control (далі – MDC2) розглядається як критичний елемент, необхідний для забезпечення єдиного управління силами у різних доменах у режимі реального часу [5].

Українські дослідження підтверджують важливість переходу Повітряних Сил ЗС України до стандартів НАТО та необхідність формування багатодомених спроможностей, які дозволять виконувати нетипові завдання та швидко адаптуватися до умов сучасного бойового середовища [6]. Автори наголошують на важливості інтеграції розвідувальних, ударних та управлінських елементів у єдину систему, що забезпечить швидкість прийняття рішень і ефективність спільних дій із силами інших видів військ [6].

Метою даного дослідження є формування сучасної концепції ведення ударної операції повітряної компоненти із застосуванням літаків, вертольотів та безпілотних авіаційних комплексів у мультидомениму середовищі.

Основна частина.

У ході дослідження встановлено, що формування ударної операції повітряної компоненти вимагає чіткого визначення трьох взаємопов'язаних елементів: кінцевих цілей, шляхів їх досягнення та необхідних засобів. На основі отриманих результатів сформовано структурну модель ударної операції, у якій кінцеві цілі спрямовані на позбавлення противника спроможності вести наступальні та оборонні дії, а шляхи передбачають комплексне застосування ударних дій у повітряному, наземному та морському доменах із використанням розвідувально-ударних циклів, динамічного націлювання та високоточної зброї.

Важливим результатом дослідження є встановлення закономірності, згідно з якою найбільша ефективність ударної операції досягається за умови модульного підходу до формування спроможностей, коли окремі функціональні елементи можуть бути комбіновані відповідно до оперативної обстановки.

У рамках роботи здійснено системний аналіз виконання завдань ударних місій у багатодомених операціях. Визначено, що ключовими завданнями є: ураження критично важливих об'єктів, систем управління та логістичних вузлів; придушення протиповітряної оборони противника; забезпечення дій наземних військ; послаблення наступальних та оборонних спроможностей противника; ураження мобільних високопріоритетних цілей у режимі динамічного націлювання.

Автори розробили структурну концепцію ударної операції, яка охоплює повний спектр кінцевих цілей, завдань місій, шляхів та засобів їх реалізації, а також переліку необхідних спроможностей. Сформована модель ґрунтується на міждомених інтеграції, враховує бойовий досвід України та відповідає тенденціям трансформації сил НАТО. Окремим науковим результатом є обґрунтування модульного підходу як ключового принципу побудови

ударних спроможностей, що забезпечує їхню адаптивність та ефективність у швидкозмінній оперативній обстановці.

Висновки.

У роботі сформовано сучасну концепцію мультидоменної ударної операції повітряної компоненти з наступними результатами:

вперше запропоновано цілісну модель ударних дій авіації у багатодоменному середовищі;

визначено ключові місії та необхідні спроможності ударної операції;

обґрунтовано модульний підхід до побудови ударних спроможностей;

запропоновано інтеграцію різнорідних платформ та систем управління у мультидоменних операціях.

Розроблена концепція мультидоменної ударної операції повітряної компоненти може бути використана при плануванні розвитку Повітряних Сил ЗС України, зокрема для впровадження стандартів НАТО та побудови спроможностей, необхідних для ведення бойових дій нового покоління.

Таким чином, проведене дослідження вирішує поставлене наукове завдання. Встановлені закономірності та нові підходи до планування й реалізації ударних дій у багатодоменному середовищі створюють підґрунтя для подальших розробок у сфері воєнного мистецтва.

Список використаних джерел:

1. NATO Allied Command Transformation. Multi-Domain Operations in NATO – Explained [Електронний ресурс] // ACT News Articles, 05.10.2023. – Режим доступу: <https://www.act.nato.int/article/mdo-in-nato-explained/> (дата звернення: 08.12.2025).
2. Allied Joint Publication 3.3. Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations. – Brussels: NATO Standardization Office, 2016. – Edition B, Ver.1. – 100 p.
3. Ellison D., Sweijts T. Empty Promises? A Year Inside the World of Multi-Domain Operations [Електронний ресурс] // War on the Rocks, 22.01.2024. – Режим доступу: <https://warontherocks.com/2024/01/empty-promises-a-year-inside-the-world-of-multi-domain-operations/> (дата звернення: 08.12.2025).
4. Turret V. Design, Destroy, Dominate: The Mass Drone Warfare as a Potential Military Revolution. – Paris: Ifri, June 2025. – 18 p. – (Security Studies Center research paper). – Режим доступу: https://www.ifri.org/sites/default/files/2025-06/ifri_turret_drone_warfare_2025.pdf (дата звернення: 08.12.2025).
5. Cánovas J. Multi-Domain Operations and Challenges to Air Power [Електронний ресурс] // Joint Air & Space Power Conference 2019 Read Ahead, June 2019. – Режим доступу: <https://www.japcc.org/essays/multi-domain-operations-and-challenges-to-air-power/> (дата звернення: 08.12.2025).
6. Дроздов С.С., Тюрін В.В., Коршець О.А., Горбенко В.М. Аналіз операційного середовища та ймовірні сценарії застосування Повітряних Сил Збройних Сил України // Наука і оборона. – 2019. – № 3. – С. 25–30 .
7. Воєнно-історичний опис російсько-української війни. Січень 2024 року / Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. — Київ : ЦДВІ ЗСУ, 2024. – 205 с.

Андрій Бологін, Павло Жикол

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРО ПОДАЛЬШУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Запропоновано та описано особливості застосування методів логічного аналізу при формуванні рішень про продовження експлуатації виробів авіаційної техніки. Розглянуто варіант пошуку оптимального варіанту управлінського рішення групою експертів шляхом отримання нечітких заключень про подальше управління виробом. Запропонований підхід може застосовуватися у системі підтримки прийняття рішень, яка здатна забезпечити належний рівень оперативності та автоматизації процесів управління надійністю авіаційної техніки.

Ключові слова: *авіаційна техніка, прийняття рішень, логічний висновок, експлуатація, технічний стан*

Вступ

У Збройних Силах (далі – ЗС) України експлуатуються виробы авіаційної техніки (далі – АТ), за якими з боку їх розробників та виробників не здійснюється супроводження експлуатації та підтримання льотної придатності. Керівниками інженерно-авіаційної служби і озброєння командувань Повітряних Сил у попередні роки, за результатами досліджень фактичного технічного стану АТ, прийнято низку рішень про продовження експлуатації, зміну обсягів та періодичності робіт з технічного обслуговування, продовження строків служби, переведення на експлуатацію за технічним станом тощо. Тому фактично реалізовані заходи програм технічного обслуговування та ремонту літальних апаратів військового призначення у ЗС України зазнали суттєвих змін, при цьому кожен такий захід організовано на підставі прийнятих відповідних управлінських рішень [1].

Постановка проблеми. Реалізація заходів подальшого підтримання льотної придатності старіючого парку АТ потребує урахування та застосування сучасних методів при вдосконаленні (коригуванні) програм їх технічного обслуговування та ремонту шляхом усвідомленого вибору особою, що приймає рішення (далі – ОПР), або органом управління одного з можливих варіантів подальшого застосування виробу АТ у залежності від поточного технічного стану та очікуваних умов її подальшого застосування.

Саме інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень (далі – СППР) здатні реалізувати у режимі реального часу неперервний контрольований процес прийняття рішень у складних ситуаціях, які мають багато складових та характеризуються невизначеністю та несталою структурованістю [2].

Мета доповіді. Розгляд особливостей застосування методів логічного аналізу при формуванні рішень про продовження експлуатації АТ та на

прикладі розглянути варіант пошуку оптимального варіанту управлінського рішення групою експертів шляхом отримання нечітких заключень про подальше управління виробом.

Основна частина

У процесах експлуатації АТ, де частіше використовується термін «системи управлінських рішень», СППР (DSS-Decision Support System) – це інтерактивна прикладна система, яка забезпечує кінцевим експлуатантам АТ, котрі приймають рішення про її подальшу експлуатацію, легкий і зручний доступ до даних і моделей підтримання справності, у який відпрацьовано відповідні алгоритми прийняття рішень у напівструктурованих і неструктурованих ситуаціях з різними вхідними даними [3]. При цьому СППР підтримує і посилює (але не замінює і не відмінює) міркування та оцінки особи, що приймає рішення. Сутність та важливість оцінок експертів не зменшується, контроль за прийняттям рішення лишається за людиною.

Для початкового формування проекту рішення про подальшу експлуатацію виробу АТ за результатами експертних оцінок формується група осіб, що приймають рішення (далі – ОПР) – експертів у певній предметній області. Постановка задачі з урахуванням створеної групи експертів трансформується в таку. З урахуванням початкових даних, до складу яких входить інформація про фактичний технічний стан виробу АТ, систему експлуатації, виконані роботи, ранжування за даними діагностування та інш.[4], необхідно у найкращий, з точки зору вибраного критерію, спосіб визначити розподіл фінансових та виробничих ресурсів між проектами у відповідності до індивідуальних переваг ОПР при задоволенні визначених обмежень.

При цьому під проектами передбачаються різні варіанти застосування виробу АТ за призначенням, наприклад застосування штатного обладнання, продовження подальшої експлуатації, модернізація існуючого обладнання та набуття нових експлуатаційних характеристик, використання виробу з обмеженими завданнями, у якості лише платформи для застосування зброї, створення нового виробу або виробу з обмеженими спеціальними характеристиками для застосування, тощо. Вибір проекту відбувається за визначенням його реалізованості – тобто найкращим вибором співвідношення фінансових та виробничих ресурсів, затрачених на виконання проекту, та набутими можливостями при його реалізації.

Елементи теорії нечітких відношень [5] використовуються під час моделювання структури складних систем, аналізу процесів ухвалення рішень, у задачах керування технологічними процесами тощо, або ж у випадках, коли методи кількісного аналізу взаємозв'язків із певних причин непридатні, і ці взаємозв'язки штучно зводяться до дихотомічного вигляду.

Зазначена однокритеріальна задача формулюється в залежності від конкретної проблеми і може бути розв'язана [6] за тим чи іншим підходом до

розв'язання класичних задач лінійного програмування дослідження операцій. Ефективність даного підходу підтверджена численними прикладами.

Висновок

У доповіді на прикладі вперше розглянуто варіант пошуку оптимального управлінського рішення групою експертів шляхом отримання нечітких заключень про подальше управління виробом при продовженні експлуатації. При цьому запропоновано спосіб визначення розподілу фінансових та виробничих ресурсів між проектами, у якості яких передбачаються різні варіанти застосування виробу АТ за призначенням.

Створена методологія розподілу ресурсів і вибору варіантів управлінських рішень розроблена на принципах системності і має такі переваги: ґрунтується на спеціально розроблених методах аналізу даних, що виявляють ефективність і результативність, „прозорість” процедур для ОПР, враховують комплекс умов системної невизначеності, передбачають безпосереднє залучення експертів до процесу розв'язання задачі і врахування їх особистих уподобань та переваг, оперують кількісними і якісними даними. Крім цього, розроблена методологія є інваріантною до параметрів і обмежень задачі, масштабною та зручною для практичного використання.

Список використаної літератури

1. Пашенко С.В., Самулєєв В.В. Застосування методів логічного аналізу при коригуванні програм технічного обслуговування і ремонту старіючого парку військової авіаційної техніки. Збірник наукових праць ДНДІА 2013. Вип. № 16. – 2013. - С. 146-153.
2. Бологін А.С., Горохов Г.Т., Манулін Ю.О. Методологічні основи побудови інтелектуальної системи прийняття рішень про продовження експлуатації літальних апаратів. Збірник наукових праць ДНДІА 2024. Вип. № 20(27). – 2024. - С. 161-166.
3. Герасимов Б.М., Локазюк В.М., Оксіюк О.Г., Поморова О.В. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. К.: Видавництво Європейського університету, 2007.– 334 с.
4. A.Bolohin, Yu. Bolohina, Yu. Tymchuk. Ranking of the technical condition of aircraft according to the diagnostic data of the glider design. System research and information technologies. International scientific and technical journal, 2025, No 2 - С. 98-105.
5. Горохов Г.Т., Жикол П.О., Скляр О.І. Застосування методів нечіткого динамічного програмування для підготовки рішень з відновлення справності повітряних суден в умовах авіаційних частин. Збірник наукових праць ДНДІА 2024. Вип. № 20(27). – 2024. - С. 202-206.
6. Бологін А.С., Горохов Г.Т., Карускевич М.В. Математична модель прийняття рішення щодо продовження строків служби елементів конструкцій планерів літальних апаратів. Збірник наукових праць ДНДІА Вип. № 15. – 2012. - С. 139-146.

Андрій Бологін, Юрій Манулін, Георгій Горохов

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ОЦІНКА УМОВ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ МАРКОВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ

Розроблено математичну модель на основі використання методів теорії марковських процесів для складної ергатичної системи “екіпаж-літак”, за допомогою якої виконується оцінка умов безпеки польотів. Розглянуто методичні підходи до аналізу результатів дії несприятливих факторів на технічний стан планера та його систем. Отримано аналітичні залежності стосовно процесів переходу системи “екіпаж-літак” в різні випадкові стани. Різноманітність виникнення особливих ситуацій в польотах та в реальних умовах експлуатації військової авіаційної техніки обумовлена впливом швидко та повільно діючих несприятливих факторів, які безпосередньо визначають результати завершення польоту. Досліджено застосування марковських моделей як з неперервним, так і дискретним параметром в разі виникнення декількох несприятливих факторів. Пропонується передбачити використання марковської моделі для обробки даних експлуатації літальних апаратів під час підготовки варіантів рішень щодо прогнозування змін технічного стану планера та його систем.

Ключові слова: безпека польотів, ймовірність відмови, інженерно-авіаційне забезпечення.

Вступ

В процесі експлуатації літальних апаратів (далі – ЛА) одна з основних вимог полягає в необхідності забезпечення умов безпеки польотів, виконання яких безпосередньо визначається поточними характеристиками функціонування складної ергатичної системи “екіпаж-літак”.

Оцінка випадкового стану системи “екіпаж-літак” потребує наявності структурної схеми функціонування системи в польоті і відповідного аналізу впливу на систему несприятливих факторів (далі – НФ) польоту, які можуть сприяти виникненню особливих ситуацій в польоті.

В структурній схемі відображаються можливі переходи в різні випадкові стани, до яких відносяться стани з виникнення відмов авіаційної техніки внаслідок неочікуваних пошкоджень, фізичного зносу, природного старіння, а також помилок льотного екіпажу під час роботи з бортовим кабінным обладнанням і помилок інженерно-технічного складу в процесі підготовки ЛА до польотів.

Випадкові переходи системи “екіпаж-літак” в різні стани в залежності від особливих ситуацій польоту з високою достовірністю відображаються за допомогою математичного апарату марковських процесів [1].

Постановка завдання. Необхідність розробки математичного забезпечення інформаційних систем підтримки прийняття рішень передбачає

проведення досліджень, які мають вказати шляхи вирішення завдання пошуку раціональної структури математичних моделей, які реалізовано в інформаційній системі.

Актуальність завдання полягає в отриманні обґрунтованих рішень передбачення стану систем “екіпаж-літак” в сучасних умовах збільшення випадків виникнення особливих ситуацій польотів [1, 2, 3].

Мета доповіді. Розробка прикладної марковської моделі з визначенням переліку функціональних залежностей, за допомогою яких можливо отримувати результати обробки баз даних реальної експлуатації ЛА і передбачити вплив НФ на конструкцію планерів ЛА.

Основна частина

Використання марковських моделей передбачає визначення ймовірностних значень переходів між станами системи “екіпаж-літак” шляхом статистичної обробки баз даних реальної експлуатації ЛА. При цьому інформаційні дані обробляються як відносно конкретного ЛА, так і всього парку ЛА.

На основі обробки даних з надійності експлуатації авіаційної техніки визначено, що значна кількість пошкоджень і інцидентів припадає на планер та його системи, а також на помилки льотних екіпажів та інженерно-технічного складу, що створює умови виникнення особливих ситуацій в польоті.

Результати статистичної обробки бази даних дозволяють встановити значення параметрів законів функцій розподілу ймовірностей змін стану системи “екіпаж-літак”.

Методи статистичної обробки експериментальних даних приведено в багатьох роботах, зокрема [4]. Стосовно системи “екіпаж-літак” необхідно передбачити обробку відносно трьох видів відмов: P_v – ймовірність несподіваних відмов, P_ϕ – ймовірність відмов фізичного зносу, P_e – ймовірність відмов природнього старіння [5].

Якщо прийняти припущення, що відмови розподілені незалежно одна від одної, то ймовірність не виникнення відмови можливо представити в вигляді $P = P_v \times P_\phi \times P_e$, де ймовірності розраховуються згідно законів: експоненціального для P_v і нормального для P_ϕ та P_e .

Оцінки умов безпеки польотів потребують застосування математичних методів марковських процесів як із неперервним, так і дискретним параметром (ланцюгов Маркова). Вказані математичні методи дозволяють отримати значення оцінок ймовірностей появи випадків виникнення особливих ситуацій в структурі систем “екіпаж-літак” [2].

Аналіз можливостей застосування марковських моделей розглянуто в подальшому на прикладі функціонування гідравлічної системи ЛА, яка складається з основної та резервної систем, а також автомата перемикачів у випадку відмови основної системи.

Одною з причин відмови автомата перемикання або основної системи можуть стати помилки інженерно-технічного складу (НФ₁) під час робіт із підготовки до польотів. Також розглянуто помилки льотного екіпажу (НФ₂) в процесі управління роботою гідравлічної системи та зформовано в загальному вигляді можливий граф станів на основі марковського процесу з неперервним параметром відповідно до дії потоку двох незалежних НФ₁ і НФ₂.

При аналізі графу станів на основі марковського процесу з дискретним параметром (ланцюги Маркова) враховано, що переходи системи з одного стану в інший можливі в фіксовані моменти часу. Процес переходу розглядається як функція цілочислового аргументу – параметру кроку: 1, 2, ... k (k - номер крока).

На прикладі розрахунків благополучного завершення польотів в випадку дії НФ на гідравлічну систему визначено зменшення ймовірності благополучного завершення польоту, так як згідно з умовами приклада в системі “екіпаж-літак” зміни моделюються ланцюгом Маркова з поглинаючим станом.

Висновок

Таким чином, розроблено прикладну математичну модель на основі застосування марковських функціональних залежностей, що дозволить покращити обґрунтованість рішень та їх ефективність стосовно подальшої експлуатації за призначенням ЛА. При цьому вихідні дані прикладної марковської моделі забезпечують можливість особі, що приймає рішення, своєчасно розв’язувати проблеми та завдання, пов’язані з різними результатами, такими як: благополучне завершення польотів, наявність інцидентів і серйозних інцидентів, поломки та аварії, або катастрофи.

Список використаних джерел

1. Безпека авіації / В.П. Бабак, В.П. Харченко, В.О. Максимов та ін.; За ред. В.П. Бабака.- К.: Техніка, 2004. – 584 с..
2. Финадорин Г.А. Методология корректирования парка летательных аппаратов с целью обеспечения безопасности полетов. Диссертация доктора технических наук. Киев – 1991.
3. Шуенкин В.А., Донченко В.С. Прикладные модели теории массового обслуживания: Учеб. пособие.- К.: НМК ВО, 1992. - 398 с.
4. Коваленко І.П. Математична статистика у прикладах і задачах. Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім “Слово”, 2012. – 496 с.
5. Третьяченко Г.Н., Карпинос Б.С., Барило В.Г. Разрушение материалов при циклических нагрузках. Киев. Наукова думка. 1993 – 287 с.

Андрій Бондар, Геннадій Шумілін, Володимир Харченко, Раїса Агамова
Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОПОМІЖНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ В УМОВАХ ДІЇ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТАНУ

У тезах розглянуто аналіз експлуатації допоміжних силових установок авіаційних двигунів парку літальних апаратів Державної авіації України в умовах дії правового режиму воєнного стану. Розглянуто особливості продовження встановлених показників (призначеного та міжремонтного ресурсу, строку служби) допоміжним силовим установкам, визначено основні напрями подальших досліджень.

***Ключові слова:** літальний апарат, допоміжна силова установка, технічний стан, експлуатація за технічним станом, продовження ресурсу.*

Вступ

Постановка проблеми. Однією з актуальних проблем, від якої залежить боєздатність Збройних Сил України та воєнна безпека держави, є підтримання рівня справності парку літальних апаратів Державної авіації України.

В умовах дії правового режиму воєнного стану (далі – ПРВС) проблема ускладнюється відсутністю авторського супроводу з боку розробників та виробників, а також обмеженим фінансуванням.

В Україні не проводилось наукових досліджень щодо розроблення науково-методичного апарату з метою визначення можливостей та умов продовження (збільшення) призначених показників допоміжних силових установок (далі – ДСУ) під час їх експлуатації за технічним станом в умовах дії ПРВС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В Україні відсутні системні дослідження щодо продовження ресурсу ДСУ в умовах ПРВС. Починаючи з 2015 року у Державної авіації України проводяться роботи з індивідуального продовження строків служби ДСУ.

Метою доповіді є представлення науково-методичного підходу до продовження призначених показників (строків служби) ДСУ та їх агрегатів, що дозволяє виконувати завдання за призначенням повітряним суднам Державної авіації України у складний період ПРВС.

Основна частина

Державна авіація України є одним із основних носіїв бойового потенціалу Сил оборони України.

На теперішній час, для підтримання справності та бойового потенціалу парку авіаційної техніки (далі – АТ) Державної авіації України, визначено

основні пріоритети, шляхи та напрямки реалізації технічної політики щодо підтримання справності та бойового потенціалу існуючого парку військової АТ.

Об'єктами досліджень та робіт є допоміжні силові установки РУ19А-300, ТГ-16М, ТА-12, ТА-8 та ТА-6 та їх агрегати, які призначені для забезпечення запуску газотурбінних двигунів літаків типу Ан-24, Ан-26, Ан-30, Ан-32, Ан-72 та Іл-76 Державної авіації України і потребує проведення досліджень і робіт з визначення можливості продовження призначених показників (строків служби) ДСУ, що дозволяє виконувати завдання за призначенням повітряним суднам Державної авіації України у складний період ПРВС.

Умови експлуатації АД належності Державної авіації України в мирний час суттєво відрізняються від умов експлуатації АД під час дії ПРВС. У зв'язку із збільшенням тривалості польоту, загальне напрацювання ДСУ за певні інтервали часу нальоту повітряного судна, значно знизився. Разом з тим, переліки робіт на ДСУ часто виконуються у відриві від базових аеродромів (оперативні аеродроми, місця розосередження, території інших держав, тощо), що викликає певні складнощі залучення персоналу та відповідні контрольно-перевірочної апаратури, обладнання, інструменту для оцінки технічного стану ДСУ при виконанні переліку робіт щодо встановлених показників.

Допуск ДСУ до експлуатації в умовах дії ПРВС визначено Порядком виконання робіт з індивідуального збільшення встановлених показників, їх агрегатам і обладнанню в умовах дії ПРВС, згідно з наказом командувача ПС ЗС України від 19.04.2022 №52.

Основною задачею досліджень і робіт є дослідження технічного стану ДСУ та їх агрегатів з метою визначення можливості продовження (збільшення) встановлених показників при виконанні капітального ремонту в умовах відсутності авторського супроводження.

Нормативними документами не передбачено проведення будь-яких випробувань або розрахунково-аналітичних досліджень щодо обґрунтування можливості продовження ресурсу та допуску до експлуатації ДСУ парку ЛА Державної авіації України.

Експлуатацію виробів АТ за технічним станом та продовження (збільшення) призначених строків служби здійснюють згідно з експлуатаційною документацією для конкретного типу виробів авіаційної техніки і відповідними розпорядчими документами.

Продовження (збільшення) встановлених показників ДСУ можливе виключно за умови здійснення авторського нагляду.

При аналізі матеріалів виконаних робіт проводиться оцінка:

відповідності виконаних на ДСУ Переліку робіт, що містить Вказівку ГІ авіації;

відповідності значень параметрів, що зафіксовані при оглядах і перевітках ДСУ та їх агрегатів, технічним вимогам, які вказані в

експлуатаційній документації [1, с. 88...156; 2, с. 51...110; 3, с. 5...10; 4, с. 16...18].

Висновки

З метою відновлення та підтримання справності ДСУ в умовах дії ПРВС, основний шлях щодо забезпечення справності ДСУ Державної авіації є відміна призначених ресурсів. Важливим напрямом підвищення надійності функціонування ДСУ для АД в сучасних умовах є зростання ефективності контролю за станом їх вузлів та агрегатів на етапі експлуатації за технічним станом.

Продовження міжремонтних (до 1-го ремонту) показників ДСУ в умовах ПРВС є технічно можливим і економічно доцільним.

Список використаних джерел

1. Авиационный турбореактивный двигатель РУ19А-300. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию, 1989. – 202 с.
2. Турбогенераторная установка ТГ-16М. Техническое описание. М.: Машиностроение, 1987. – 150 с.
3. Руководство по технической эксплуатации ТА12А.000.000 РЭ, 1985. – 206 с.
4. Двигатель ТА-8В. Руководство по технической эксплуатации, ТА-8В.000.000.РЭ, 1986 г.

Андрій Внуков, Олександр Челобітченко, Юрій Діденко

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ НА АВІАЦІЙНИХ РЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

У доповіді розглянуто питання ефективного управління якістю ремонту авіаційної техніки на авіаційних ремонтних підприємствах. Зазначено, що основним напрямом щодо підвищення якості ремонту авіаційної техніки є впровадження на підприємствах системи управління безпекою. Розглянуто цілі, завдання та компоненти цієї системи, які забезпечують проактивні методи забезпечення безпеки, дотримання нормативних вимог та постійне вдосконалення в авіації.

Ключові слова: ремонт авіаційної техніки, якість ремонту, система управління якістю, система управління безпекою.

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз стану якості заводського ремонту військової авіаційної техніки (АТ) в Україні за останні роки показує, що переважна кількість відремонтованої на авіаційних ремонтних підприємствах (АРП) АТ відмовляла у гарантійний термін експлуатації. Це свідчить про існування проблем як із забезпеченням якості ремонту АТ на АРП, так і взагалі, з функціонуванням існуючої на підприємствах системи управління якістю (Quality Management System – QMS).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [2] розглянуто теорію, методологію та практику управління якістю в авіації. Висвітлені напрями інтеграції QMS з іншими системами управління в авіації. У дослідженні [4] представлено вимоги щодо управління якістю, яким повинна відповідати підсистема технічного обслуговування та ремонту ПС. У статті [8] розглянуто питання інтеграції системи управління якістю у сферу цивільної авіації. Обґрунтовано необхідність впровадження інтегрованої системи корпоративного менеджменту. Виділено загальні та специфічні принципи системи управління безпекою і системи управління якістю.

Мета. Розгляд основного напрямку підвищення якості ремонту АТ на АРП – впровадження системи управління безпекою.

Основна частина

Згідно з “Правилами схвалення організацій з технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки державної авіації (Частина-145В)” організації, що здійснюють технічне обслуговування та ремонт державних повітряних суден, їх компонентів та обладнання (організації з ТОР) повинні отримати схвалення компетентним органом з питань підтримання льотної придатності Міністерства оборони України [4, с. 1-3]. Організація з ТОР має запровадити

та здійснювати політику у сфері безпеки польотів та якості, яка має бути включена до Керівництва організації з технічного обслуговування та ремонту (МОЕ), однією з основних вимог схвалення організацій з TOP є створення системи якості.

QMS надає керівникам об'єктивну статистику порушень або відхилень від прийнятих вимог, політики та процедур, а також результати вибіркового перевірок товарів та послуг для формування управлінських рішень. Але аналіз діяльності АРП, що здійснюють ремонт військової АТ, свідчить про існування низки проблемних питань, які негативно впливають на якість ремонту АТ. Це визначає доцільність формування управлінських рішень щодо заводського ремонту військової АТ з позицій мінімізації потенційних ризиків. Згідно з правилами ІКАО для інформування про небезпеки, зниження ризиків та запобігання авіаційним подіям окрім QMS також передбачається створення в суб'єктах авіаційної діяльності системи управління безпекою (Safety Management System – SMS), яка застосовує, в тому числі й принципи управління ризиками. У світовій військовій авіації в останні роки згідно з вимогами документу “European Military Airworthiness Requirement. EMAR 145. Requirements for Maintenance Organisations” (версія 2.0) також запроваджується SMS [5, с. 23-24].

SMS побудована на п'яти основних компонентах, які забезпечують проактивні методи забезпечення безпеки, дотримання нормативних вимог та постійне вдосконалення в авіації: політика і цілі безпеки; управління ризиками безпеки; система забезпечення безпеки; моніторинг показників безпеки та показника ефективності безпеки SPI; постійне покращення безпеки.

Між SMS та QMS існують спільні риси. Обидві системи зосереджені на створенні політик та процедур, уточненні організаційної структури, підвищенні ефективності, створенні системи, на яку можна покладатися як на засіб забезпечення цілісності. При цьому хоча їхні методи схожі, QMS та SMS спрямовані на зовсім різні цілі. SMS зосереджена на запобіганні та зменшенні ризиків для безпеки, тоді як QMS зосереджена на задоволенні вимог клієнтів та нормативних актів. SMS охоплює всі аспекти авіаційної безпеки, включаючи людські, технічні, організаційні та екологічні фактори. З іншого боку, QMS охоплює якість авіаційних продуктів та послуг. SMS застосовує підхід, що базується на ризиках та ефективності, для визначення цілей та показників безпеки на основі рівня ризику та бажаного результату. QMS застосовує підхід, що базується на відповідності та процесах, для визначення цілей та показників якості на основі дотримання стандартів та процедур. Крім того, SMS сприяє культурі безпеки зі спільним зобов'язанням щодо безпеки серед зацікавлених сторін, тоді як QMS сприяє культурі якості з орієнтацією на клієнта, постійним вдосконаленням та інноваціями.

QMS може бути фундаментом для впровадження SMS, оскільки містить необхідні процеси для управління безпекою. Тобто SMS може базуватися на QMS, використовуючи спільні процеси, такі як внутрішні аудити, аналіз

даних та коригувальні дії. Досить ефективним може бути поєднання цих систем у інтегровані системи корпоративного менеджменту.

Поєднання SMS та QMS може принести АРП низку переваг, таких як покращення безпеки та якості, підвищення операційної ефективності та результативності, а також підвищення задоволення вимог замовників. SMS та QMS можуть допомогти АРП зменшити кількість інцидентів, пов'язаних з безпекою, та дефектів якості, оптимізувати свої ресурси, впорядкувати свої робочі процеси, відповідати очікуванням замовників та підвищити свою репутацію. Крім того, вони можуть призвести до зниження витрат, підвищення продуктивності, кращих результатів, вищого рівня задоволеності, лояльності та утримання персоналу.

Висновки

Ефективна SMS, поєднана з QMS, дозволить підвищити рівень відповідності вимогам, управління ризиками і культури безпеки та якості на АРП, забезпечуючи безперервність процесів управління якістю та безпекою.

Список використаних джерел

1. Радько О.В., Мельник В.Б. Процеси та системи управління якістю в авіації. – К.: НАУ, 2020. – 188 с.
2. Woźny P., Włachnio J. Research Works of Afit. Issue 35, 2014. – P. 53-66.
3. Гасымов А.А. Тенденция развития системы управления безопасностью (SMS) и системы менеджмента качества (QMS), формирование единой системы корпоративного управления в формате “Compliance Management” в сфере гражданской авиации // Наука, технології, інновації, 2020. № 3 – С. 72-76.
4. Правила схвалення організацій з технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки державної авіації (Частина-145В). Затверджені наказом Міністерства оборони України від 23.12.2016 № 714.
5. European Military Airworthiness Requirement. EMAR 145. Requirements for Maintenance Organisations. Edition Number 2.0. 2024. – 38 p.

Павло Глущенко¹, Володимир Кумпаненко¹, Єгор Коваленко²

¹Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

²Головне управління комунікацій Збройних Сил України, Київ

ЧИСЕЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК Х-КРИЛА ДЛЯ БПЛА-ПЕРЕХОПЛЮВАЧА

На основі параметричного аналізу визначено аеродинамічні характеристики ізольованого Х-крила, фюзеляжу та компоновання Х-крило-фюзеляж в залежності від кута V -подібності крила Θ та звуження крила η . Дослідження проводилось чисельним моделюванням в програмному комплексі Ansys. Визначено, що найбільшу аеродинамічну якість має компоновання Х-крило-фюзеляж з кутом V -подібності $\Theta = 30^\circ$; звуження $\eta = 1$. При цьому виграш в аеродинамічній якості може становити до 40 % в залежності від кута атаки у порівнянні з крилом з параметрами $\Theta = 10^\circ$, $\eta = 1$. При порівнянні з компонованням з Х-крилом з $\Theta = 45^\circ$, $\eta = 1$ приріст аеродинамічної якості складає до 11 % в залежності від кута атаки. Для БПЛА-перехоплювача рекомендовано застосовувати Х-крилом з $\Theta = 45^\circ$, $\eta = 1$ попри меншу аеродинамічну якість.

Ключові слова: аеродинамічні характеристики, аеродинамічна якість, безпілотний літальний апарат, Х-крило

Вступ

Х-крило є відомим аеродинамічним компонованням, що широко застосовується на авіаційних ракетах, які характеризуються високими швидкостями польоту (число Маха $M > 1$). Водночас для швидкостей польоту $M \leq 0,3$ кількість досліджень значно менше внаслідок порівняно недавнього поширення ударних малошвидкісних БПЛА та БПЛА-перехоплювачів. Рекомендації щодо вибору геометричних параметрів Х-крила для БПЛА та залежності аеродинамічних характеристик (далі – АХ) від геометричних параметрів компоновання Х-крило та фюзеляж опубліковані недостатньо. Отже, дослідження залежностей АХ Х-крила та фюзеляжу БПЛА, визначення їх інтерференції є актуальним науково-практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з перших публікацій з результатами теоретичних досліджень компоновання хрестоподібне крило – циліндричний фюзеляж, а не окремих елементів є [1]. В дослідженні зроблено основний висновок, що залишається актуальним і сьогодні при проектуванні літальних апаратів, і полягає в тому, що піднімальна сила та момент тангажа не залежать від кута ристання; бокова сила та момент ристання не залежать від кута атаки; при ідентичних вертикальних та горизонтальних складових крила момент крену дорівнює 0 для всіх кутів тангажа і крену [1, с. 2]. Проте наведені в роботі характеристики відносяться до надзвукових, трансзвукових і високих дозвукових швидкостей і не можуть бути застосовані до БПЛА зі швидкостями польоту близькими до 100 м/с. В роботі [2] досліджується

компонування фюзеляж – Х-крило з урахуванням в'язкості на основі чисельного рішення рівнянь Нав'є-Стокса, що реалізовано в програмному продукті Ansys CFX. В роботі [3] наведено результати дослідження БпЛА вертикального злету. При цьому БпЛА виконаний за схемою безхвостка та встановлюється вертикально для злітання (англ. – tailsitter). Також наводяться дані, що Х-крило має найбільший коефіцієнт ефективності Освальда серед V-подібних і ромбовидних крил [3, с. 3]. При цьому у фізичному експерименті спостерігалась нелінійність залежності піднімальної сили від кута атаки до кута зриву потоку на відміну від математичного моделювання.

Метою є визначення залежностей АХ компонентування Х-крило–фюзеляж та інтерференційного впливу при чисельному моделюванні.

Основна частина

В роботі чисельним методом моделювання визначено залежності коефіцієнтів піднімальної сили, лобового опору та аеродинамічної якості від кута атаки. При цьому змінними параметрами були кут поперечного V Θ для пар консолей крила, звуження консолей крила η . При зміні звуження площа і розмах крила залишались постійними. За площу крила приймалось площа проекції пари верхніх або нижніх консолей крила на горизонтальну площину. Розрахункова швидкість при цьому становила 100 м/с. Дослідження проводились на моделях з прямим крилом з хордою $b_0 = 0,2$ м, розмах крила при його “хрестообразному положенні” коли дві консолі знаходяться в горизонтальному положенні складав $l_{кр} = 0,8$ м, подовження при цьому складало $\lambda_{кр} = 4$. Кут V-подібності відраховувався від горизонтальної площини з додатнім напрямом до гори та приймався рівним від 10 до 80 градусів з кроком 10 градусів. При дослідженні впливу звуження на АХ параметр η змінювався від 0,5 до 3. Профіль крила у всіх випадках використовувався симетричний – NASA 0012. Фюзеляж приймався циліндричним з обтікачем та стікачем відповідно. Діаметр міделевого перерізу при цьому складає 0,11 м, довжина фюзеляжу – 0,75 м.

З аналізу залежностей аеродинамічної якості К від кута атаки α визначено, що кращим варіантом є крило з кутом $\Theta = 30^\circ$ для випадків ізольованого крила та компонентування Х-крило–фюзеляж. В цілому раціонально розглядати при проектуванні БпЛА кути Θ в діапазоні від 30 до 50°. При цьому негативні явища, що пов'язані з взаємним накладанням примежового шару поблизу кореневих частин крила мають менший вплив або відсутні. Так для БпЛА, для якого треба забезпечити більші дальність і тривалість польоту доцільно обрати кут $\Theta = 30^\circ$. Для маневреного БпЛА-перехоплювача доцільно розглянути застосування хрестоподібного крила ($\Theta = 45^\circ$), оскільки при цьому піднімальна сила та момент тангажа не залежатиме від кута ризику.

Висновки

В результаті проведення параметричних досліджень з визначення АХ компонування Х-крило–фюзеляж встановлено, що для режимів польоту при швидкості 100 м/с при стандартних атмосферних умовах на висоті 0 м найбільшу аеродинамічну якість має Х-крило з кутом $\Theta=30^\circ$, звуженням $\eta=1$. Для зазначеного компонування також відсутні нелінійні зміни поздовжнього моменту. При цьому вигреш у аеродинамічній якості компонування сягає $\Delta K \approx 40\%$ у порівнянні з крилом з параметрами $\Theta=10^\circ$, $\eta=1$ кутах атаки від $\alpha=-2...4^\circ$ і $\Delta K \approx 30\%$ при $\alpha>5^\circ$. При порівнянні з крилом з параметрами $\Theta=45^\circ$, $\eta=1$ $\Delta K \approx 11\%$ до кутів атаки $\alpha<8^\circ$ і $\Delta K \approx 10\%$ при $\alpha=10^\circ$. Крила з $\Theta=30^\circ$, $\eta=1$ крила рекомендується застосовувати для ударних БпЛА, що застосовуються для ураження наземних цілей, особливо у випадках де необхідно досягти більшої дальності польоту. Для БпЛА-перехоплювачів рекомендовано обирати Х-крило з кутом $\Theta=45^\circ$, звуженням $\eta>1$. При незначній втраті якості у порівнянні з крилом $\Theta=30^\circ$, $\eta=1$ це дозволить забезпечувати незалежність піднімальної сили і моменту тангажа від ризикання, що є важливим при маневруванні БпЛА при атаці повітряної цілі.

Список використаних джерел

1. John R. Spreiter. Aerodynamic properties of cruciform-wing and body combinations at subsonic, transonic and supersonic speeds / Spreiter John // Technical note – Washington.: Ames Aeronautical Laboratory Moffett Field. – №1897, 1949. – P. 1-34.
2. Tuling, S., Dala, L., Toomer, C. "Lee-side flow structures of very low aspect ratio cruciform wing–body configurations" / Tuling S., Dala L., Toomer C. // Journal of Spacecraft and Rockets – American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2013. – Vol. 50, No. 6 – С. 1134 – 1149.
3. The Investigation on Aerodynamic Performance of the X-Wing Tail-Sitter VTOL MAV. Wei Tang, Bifeng Song, Yu Cao та інш. // AIAA AVIATION Forum 35th AIAA Applied Aerodynamics Conference 5-9 June 2017, Denver, Colorado. DOI: 10.2514/6.2017-3750.

Георгій Горохов, Володимир Гришин, Олександр Скляр

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГРУПОВОГО ОБЛІКУ АРГУМЕНТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЛАНЕРА ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Дослідження проведено з використанням одного із частних критеріїв безпеки польотів: загальна ймовірність не виникнення відмови елементів конструкції планера та його систем. Введено показник, що характеризує інтенсивність експлуатації і який обчислюється як відношення нальоту до часу експлуатації, впродовж якого політи звершувались. Значення інтенсивності дозволяє встановити зв'язок поміж нальотом і строком експлуатації та умовами безпеки польотів. В математичній моделі прогнозу оцінки безпеки польотів використано метод групового обліку аргументів, який реалізує низку алгоритмів поступового ускладнення моделі шляхом многорядної селекції. Розглянуто шляхи визначення оптимальної кількості груп фахівців інженерно-авіаційної служби для підтримання заданого рівня безпеки польотів.

Ключові слова: безпека польотів, ймовірність відмови, інженерно-авіаційне забезпечення.

Вступ

Для забезпечення умов безпеки польотів шляхом застосування раціональних методів виконання робіт в процесі технічного обслуговування планерів та їх систем повітряних суден (ПС) необхідно визначити ймовірність прогнозу справного стану ПС протягом інтервалу завершення польотів, а також кількість груп фахівців інженерно-авіаційної служби, яке забезпечить мінімальне значення сумарного часу простоя ПС з причини їх технічного обслуговування, а також максимальне завантаження кожної групи впродовж заданого строку.

Постановка проблеми. Для пошуку оптимального значення цільової функції прийнято використання трьох критеріїв:

ймовірність не виникнення відмови елементів конструкції планера та його систем, як одного з частних критеріїв безпеки польотів;

позитивний чи від'ємний допуск до нормативних показників, що попередньо використовували для продовження експлуатації планерів ПС;

кількість груп фахівців інженерно-авіаційної служби, які виконують роботи технічного обслуговування планера ПС.

Пошук оптимального значення цільової функції потребує знаходження максимальних значень критеріїв, а також мінімального значення.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Результати роботи [1] вказують на достатньо розвинений науково-методичний апарат застосування

методу групового обліку аргументів для моделювання складних систем під час пошуку оптимальної структури моделі прогнозу.

Побудова прогнозуючих трендів реалізується як напрямок індукційного моделювання в різних областях застосувань складних технічних систем.

Наприклад, для приладів технічної діагностики диференціальних сигналів вимірювання [2]. Також з метою інформаційної підтримки операційних рішень досліджується процес застосування методу групового обліку аргументів у виробничій практиці машинобудування [3].

У роботі [4] обґрунтовано методіку раціонального технічного обслуговування газотурбінних двигунів, яка забезпечує на основі використання методу групового обліку аргументів оптимізацію процесу допустимого розкладу робіт в умовах реальної експлуатації.

Мета доповіді. Результати проведених досліджень стосовно елементів конструкції планера ПС дозволяють показати особливості методичного апарату прийняття управлінських рішень щодо прогнозу відсутності відмови під час польоту ПС і забезпечення умов безпеки польотів при використанні старіючої конструкції планера ПС та його систем.

Основна частина

Введено показник, який характеризує інтенсивність експлуатації ПС і обчислюється як відношення нальоту до часу експлуатації, впродовж якого політ здійснюється.

Використання значень інтенсивності експлуатації планерів ПС дозволило розробити методіку, в якій рекомендується виконання наступних етапів:

По-перше, розробка імітаційної моделі процесу технічного обслуговування планерів ПС в процесі їх експлуатації.

Для цього визначаються функціональні закони ймовірностей розподілу кількості пошкоджень на планерах та закінчення моментів часу виконання діагностичних робіт на авіаційних конструкціях. Використовуються статистичні методи обробки даних реальної експлуатації.

В подальшому на основі використання методів експертних оцінок проводиться кластерний аналіз переліку робіт із відновлення справності планерів ПС та можливих допусків до нормативних показників. При цьому використовуються методи теорії нечітких множин для прийняття експертами рішень в умовах деякої невизначеності щодо значень параметрів діагностування.

По-друге, з використанням алгоритмів самоорганізації методу групового обліку аргументів проведено пошук оптимальної кількості робочих груп фахівців інженерно-авіаційної служби.

Особливості алгоритмів самоорганізації методу групового обліку аргументів стосуються прийняття рішень шляхом вибору деякої множини рішень, що близькі до оптимального.

Потрібно знайти максимум функції, яку доцільно розглядати як критерій селекції. На підставі вказаного критерія можливо встановити максимальне використання професіональних навиків кожної групи фахівців.

Третій етап полягає в підготовці рішень на основі використання методів вирішення багатокритеріальних задач під час обчислення значень цільової функції.

Висновок

Впровадження математичних моделей прогнозу ймовірності забезпечення умов безпеки польотів на основі застосування методу теорії нечітких множин та методу групового обліку аргументів дозволить вдосконалити оброблення інформації щодо стану ПС у реальному режимі часу, покращити ефективність та обґрунтованість рішень подальшої експлуатації та використанню за призначенням ПС, забезпечить можливість особі, що приймає рішення, розв'язувати проблеми та завдання, пов'язані з технічною експлуатацією та бойовим застосуванням ПС авіації Збройних Сил України.

Список використаних джерел

1. Ивахненко А.Г., Мюллер Й.А. Самоорганизация прогнозирующих моделей.- К.: Техніка, 1985; Берлин: ФЕБ Ферлаг Техник, 1984. – 223 с.
2. Суровцев І.В., Степашко В.С., Мороз О.Г. Побудова моделі базової лінії диференціальних сигналів вимірювання. Control system and computer: acad. and research j.. – Kyiv 2024 №4 (308).
3. Токова О.В., Степашко В.С., Савченко-Синякова Є.А., Дорошенко В.С. Моделювання ливарних процесів з метою інформаційної підтримки операційних рішень у виробничій практиці. XV Міжнародна науково-технічна конференція. Нові матеріали і технології в машинобудуванні – 2023.
4. Ватан Н.И. Методика рационального технического обслуживания газотурбинных двигателей летательных аппаратов на основе метода группового учета аргументов. Диссертация кандидата технических наук, 1991.

Віталій Грень, Сергій Фокін

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ І БОЙОВИХ ФАКТОРІВ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН БОРТОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ЛІТАКІВ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ

В тезах доповіді проведено аналіз основних експлуатаційних і бойових факторів, що впливають на технічний стан бортової електричної системи літаків тактичної авіації. Визначено типові види пошкоджень елементів бортової електричної системи, зумовлені вібраційними, температурними, хімічними та механічними навантаженнями. Розглянуто вплив бойових уражень, первинних та вторинних вражаючих факторів.

Ключові слова: бортова електрична система, експлуатаційні пошкодження, бойові фактори, контактні з'єднання, технічний стан, надійність, авіаційна техніка.

Вступ

Постановка проблеми. Бортова електрична система (БЕС) є однією з найважливіших функціональних підсистем літака, що забезпечує електроживлення, управління та контроль роботи агрегатів і приладів. У процесі експлуатації БЕС зазнає комплексного впливу фізико-хімічних і механічних факторів, які призводять до деградації її елементів, зниження надійності та появи відмов. За статистичними даними, понад 60 % відмов бортового обладнання пов'язано саме з несправностями елементів електричних мереж та контактних з'єднань. В умовах інтенсивної експлуатації та бойового застосування літаків тактичної авіації виникає потреба в удосконаленні методів оцінки технічного стану БЕС та процедур її ремонту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що проблеми підвищення надійності та довговічності БЕС літаків розглядалися в працях сучасних дослідників. Зокрема, у роботах Фролова Л.М. [1] і Павленка К.І. [2] систематизовано основні причини відмов електричних систем авіаційної техніки та визначено закономірності їх виникнення в процесі тривалої експлуатації.

Разом з тим, більшість наукових праць зосереджується на окремих аспектах функціонування БЕС, не враховуючи впливу бойових факторів, вібраційно-ударних навантажень і умов експлуатації в зоні підвищеного ризику. Тому актуальним є системний аналіз сукупного впливу зазначених факторів на технічний стан БЕС літаків тактичної авіації.

Метою тез доповіді є висвітлення проблеми впливу експлуатаційних та бойових факторів на технічний стан БЕС літаків тактичної авіації, визначення характерних дефектів і типових пошкоджень елементів.

Основна частина

У процесі експлуатації літаків тактичної авіації БЕС піддається дії широкого спектра факторів, які зумовлюють виникнення дефектів і відмов. До основних факторів, які погіршують технічний стан клем БЕС у процесі експлуатації, відносяться: вібрація в широкому діапазоні частот, різкі зміни температури навколишнього середовища, що досягають у деяких випадках діапазону від - 30 до + 40 °С, зміни вологості повітря, хімічний вплив агресивних рідин та їх парів, а також інших речовин, які застосовуються на літаку, хімічна дія різних газів, експлуатаційне забруднення елементів БЕС, тощо. Вібрація є однією з основних причин появи таких експлуатаційних ушкоджень, частковий або повний обрив струмопровідних жил проводів, особливо в місцях паяння і загортання їх у наконечники, послаблення кріплення різьбових з'єднань, руйнування елементів конструкції БЕС, особливо корпусів розподільчих коробок та пристроїв, а також апаратів максимально-струмового захисту (різних запобіжників) [1 с. 429...430].

Різноманітність експлуатаційних пошкоджень елементів БЕС та специфіка їх прояву у кожному конкретному випадку не дозволяють розробити уніфіковані рекомендації щодо профілактики та прогнозування всіх або хоча б більшості експлуатаційних пошкоджень. До найбільш поширених відмов елементів БЕС відносять: окремі дроти та електроджгути, штепсельні роз'єми та клемні панелі, роз'ємні електронні з'єднання, мінусові приєднання проводів до корпусу літака, екрани та вузли металізації проводів та джгутів.

Окремі дроти та електроджгути найчастіше пошкоджуються в місцях, що піддаються деформації в процесі експлуатації (на ручках управління, штурвальних колонках, стійках шасі, стулках тощо); поблизу рухомих деталей та гострих кромок конструкції планера, введів у розподільні пристрої, коробки, панелі та до приладових дощок; під хомутами кріплення дротів до елементів конструкції літака, схильних до впливу палива, агресивних рідин, високої температури і газів; на перегибах біля входів (виходів) труб та жолобів.

Дефектами проводів, які найчастіше зустрічаються в експлуатації та при ремонті літака на АРП, є: забруднення ізоляції проводів та захисних покриттів електроджгутів; механічні пошкодження ізоляційних та щитних покриттів з утворенням короткого замикання струмопровідних жил проводів із корпусом літака та між собою; перегрів проводів, що визначається за зміною кольору ізоляційного покриття (можливо зі втратою еластичності та частковим руйнуванням ізоляційного покриття); провисання і, як наслідок, торкання проводів та електроджгутів об гострі кромки конструкції літака; слабе обтиснення джгутів і проводів відбортувальними хомутами, механічні пошкодження хомутів та їх гумових прокладок тощо.

У процесі бойових дій літальних апаратів до експлуатаційних ушкоджень БЕС додаються бойові пошкодження. При цьому тяжкість бойових пошкоджень БЕС залежить від виду зброї, що застосовується

противником. Найбільші пошкодження отримує БЕС літака від осколково-фугасних запалювальних снарядів. При бойових пошкодженнях БЕС розрізняють первинні та вторинні поражаючи фактори [1 с. 433].

До перших вражаючих факторів відносять уламки снарядів і елементів конструкції літака, кулі, а також ударну хвилю та газоподібні продукти вибуху з високою температурою. Найбільші пошкодження одержують незахищені ділянки БЕС у вигляді повного розриву ділянок проводів та джгутів, руйнування штепсельних роз'ємів, екрануючого плетіння, корпусу розподільчих пристроїв, коробок та ін. Найбільш часті кульові пошкодження отримують електричні джгути та дроти, розташовані на стійках шасі та в кабіні екіпажу.

Бойова пошкоджуваність елементів БЕС залежить від багатьох факторів. Наприклад, відносно малі лінійні розміри кожного конкретного елемента БЕС та специфіка їх монтування у поєднанні з блоками апаратури та іншими конструктивами елементами літака, надають додаткову захисну (екрануючу) дію, знижують її пошкоджуваність.

До вторинних вражаючих факторів належать перш за все короткі замикання проводів на масу та між собою, що може призвести до виникнення пожежі, появи помилкових електричних ланцюгів та хибному спрацьовуванні окремих агрегатів. У зв'язку з цим знання та облік впливу первинних та вторинних вражаючих факторів на БЕС дозволяють більш точно визначати характер та обсяг пошкоджень її елементів від впливу різних типів бойових частин боєприпасів що, у свою чергу, дозволяє правильно вибрати шляхи та визначити раціональні способи усунення ушкоджень БЕС.

Висновки

Ефективність ремонту бортових електричних мереж літаків тактичної авіації державної авіації України безпосередньо залежить від якості проведення діагностики, точності дефектації та технологічного рівня відновлювальних робіт. Застосування сучасних методів контролю, зокрема автоматизованих систем діагностики та термографічного контролю, дозволяє підвищити надійність електричних систем, своєчасно виявляти приховані дефекти та запобігати відмовам під час польоту.

Список використаних джерел

1. Фролов Л.М. “Войсковой ремонт авиационной техники”, М.: Воениздат, 1991, 477 с.
2. Павленко К.И. “Основы эксплуатации авиационного оборудования летательных аппаратов”, М.: Воениздат, 1987, 168 с.

Олег Добриденко, Максим Стрела, Ігор Токар

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

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

У роботі наведено результати аналізу технічного стану агрегатів шасійної групи літаків типу Су-27 в умовах високої інтенсивності бойової експлуатації. Встановлено основні фактори, що зумовлюють вичерпання призначених показників, та визначено втомний характер руйнування основного стояка шасі. Запропоновано комплекс інженерно-технологічних заходів для підвищення надійності та продовження встановленого ресурсу. Обґрунтовано напрями подальших досліджень щодо удосконалення методик оцінки довговічності.

Ключові слова: Су-27, шасі, ресурс, втома матеріалу, військова експлуатація, продовження ресурсу.

Вступ

Актуальні умови експлуатації літаків Повітряних Сил України призвели до суттєвого зростання інтенсивності польотів, що сприяло швидкому вичерпанню ресурсних показників агрегатів шасійної групи Су-27. Близько 90 % парку повністю вичерпали призначений ресурс по посадках. Виникла потреба у поглиблених дослідженнях для забезпечення подальшої льотної придатності. В продовж 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; 2; 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].

Основна частина

Проведено аналіз інтенсивності вичерпання ресурсу стояків шасі, за результатами якого встановлено, що за сталої інтенсивності польотів ресурс парку буде вичерпано протягом 2–3 років. Дослідження випадку руйнування основного стояка шасі показали втомний характер ушкодження та наявність множини мікротріщин, що формувалися у зоні радіусного переходу. Визначено, що вирішальний вплив мали ризики від механічної обробки, які слугували концентраторами напружень, а також перевантаження при грубих посадках. На підставі аналізу сформовано інженерні рекомендації щодо покращення технологічного процесу ремонту та підвищення довговічності агрегатів шасійної групи.

Висновки

1. Встановлено тенденцію до стрімкого вичерпання ресурсу агрегатів шасі Су-27 у бойових умовах.
2. Проаналізовано характер руйнування стояка шасі та підтверджено втомний механізм зародження та розвитку тріщин.
3. Запропоновано комплекс ремонтно-технологічних заходів, спрямованих на усунення концентраторів напружень та підвищення довговічності.
4. Окреслено напрями подальших досліджень щодо вдосконалення методик оцінки ресурсу та відновлення зварних з'єднань.

Список використаних джерел

1. Пашенко С.В., Хільченко М.Ф., Юхачов В.В. Методологія збільшення ресурсів авіаційної техніки : Збірник наукових праць 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 : Збірник наукових праць 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 : Збірник наукових праць ДНДІА. 2024. № 20(27). С. 179-187.
6. Витвицкий П.М., Попина С.Ю. Прочность и критерии хрупкого разрушения стохастически дефектных тел. Киев : Наукова думка, 1980. 187 с.
7. Остап О.П. Механіка руйнування та міцність матеріалів. Довідниковий посібник. Том 15: структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій. Львів: СПОЛОМ, 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.

Дмитро Довжук, Микола Логвиненко, Володимир Перескоков

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ІНФРАЧЕРВОНИХ ГОЛОВОК САМОНАВЕДЕННЯ

Наведено сутність найбільш поширених типів селекції, що застосовуються у інфрачервоних головках самонаведення зенітних і авіаційних керованих ракет. Запропоновано для підвищення завадостійкості інфрачервоного координатора цілі комбінувати різні типи селекції, які доцільно задіяти як одночасно, так і послідовно у процесах селекції.

Ключові слова: *хвиля тепла ціля, інфрачервона головка самонаведення, амплітудна, спектральна, траєкторна селекція, інфрачервоний координатор цілі.*

Вступ

Постановка проблеми. Практика застосування різних джерел інфрачервоного випромінювання в якості хвиля теплових цілей для створення завад інфрачервоним головкам самонаведення є доволі розповсюдженою практикою всіх армій світу. Тому дослідження можливостей підвищення завадостійкості інфрачервоних головок самонаведення є актуальною науково-практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій свідчить, що проблему завадостійкості, зазвичай, вирішують шляхом застосування різних типів селекції: траєкторну, спектральну, амплітудну [1,2,3]. Кожний з цих типів селекції є достатньо дослідженим і тому розробники бортових комплексів оборони постійно розробляють нові методи протидії керованим ракетам з інфрачервоними головками самонаведення, що базуються на результатах досліджень зі створення нових типів хвиля теплових цілей та методів їх застосування.

Мета доповіді – проаналізувати шляхи підвищення завадостійкості інфрачервоних головок самонаведення.

Основна частина

Для підвищення завадостійкості інфрачервоних головок самонаведення використовують кілька методів селекції дійсної цілі від хвиля теплових цілей.

Сутність амплітудної селекції полягає у відокремленні сигналів, які мають стрибкоподібне зростання амплітуди. Через різницю швидкостей зближення ракети з дійсною та хвибною ціллю – швидкості зростання амплітуди сигналів від них будуть різними [5].

Зазвичай, температура поверхні випромінювання хвиля теплових цілей суттєво більша ніж температура поверхні цілі, що дозволяє застосувати спектральну селекцію розпізнавання сигналів від хвиля теплових цілей, яка

реалізується шляхом порівняння вхідних сигналів отриманих за допомогою імпульсної модуляції рознесених між собою двох спектральних діапазонів. При цьому, для кожного з діапазонів, у приймачах інфрачервоного випромінювання використовують різні типи хімічних сполук, а один з каналів обробки сигналів призначають основним [3].

При відстрілюванні хибної теплової цілі вона інтенсивно гальмується внаслідок дії зустрічного потоку повітря, а сама ціль продовжує політ майже не змінюючи своєї швидкості і напрямку руху. У цьому випадку кут швидкості лінії візування хибної теплової цілі буде змінюватися суттєво повільніше ніж лінії візування дійсної цілі, що дозволяє провести траєкторну селекцію. Для реалізації траєкторної селекції необхідно включити в контур обробки інфрачервоного координатора цілі блок логіки, який здатний визначати момент початку дії хибної теплової цілі. Такий момент як правило позначається зростанням у кілька разів амплітуди сигналу, так як у полі зору інфрачервоного координатора цілі одночасно з'являється потік випромінювання від дійсної та хибної цілі. Траєкторна селекція відбувається при реалізації гіпотези, що виникли хибні теплові цілі і, з цього моменту, ракета наводиться на ціль за прогнозованими траєкторними параметрами прорахованими спираючись на параметри руху цілі до моменту виникнення хибних цілей на весь прогнозований час існування хибної теплової цілі [4].

Розглянуті методи селекції базуються на різних фізичних властивостях цілей. Кожен з них дозволяє, при певних умовах бойового застосування, розрізнити сигнали від дійсної і хибної цілей. Але існують умови за яких фізичні властивості дійсної і хибної цілей мають однакові значення [6]. У такому випадку – процес селекції стає неможливим. Тому авторами запропоновано для досягнення необхідного рівня завадостійкості використовувати комбінацію кількох типів секції, що можуть бути задіяні у процесі визначення реальної цілі як послідовно, так і одночасно.

Висновки

Основна ідея доповіді – запропонувати для досягнення необхідного рівня завадостійкості використовувати комбінацію кількох типів селекції, що можуть бути задіяні у процесі визначення реальної цілі як послідовно, так і одночасно.

Список використаних джерел

1. Якушенков Ю.Г., Луканцев В.Н., Колосов М.П. Методы борьбы с помехами в оптико-электронных приборах. – М.: Радио и связь, 1981. – 180 с.
2. Способ формирования сигнала управления исполнительным элементом оптико-электронной следящей системы./Патент рф №2371732, 2008г.
3. Довжук Д.В., Логвиненко М.М., Сторожук С.М. Математична модель процесу функціонування оптико-електронних систем з частотно-імпульсною модуляцією та спектральною селекцією в умовах застосування

хібних теплових цілей.// Зб.наукових праць ДНДІА.- К.: ДНДІА 2019 – вип.15(22). – с. 65-73.

4. Кравчук І.С., Архипов М.І., Гуренко С.М., Штарнов В.І. Захист повітряних об'єктів від ракет з інфрачервоним самонаведенням. – К.: Видавничий дім “Інтернаука”, 2020. -296 с
5. Защита самолетов от ракет с тепловыми головками самонаведения. – М.: Военное издательство, 1982. – 384 с
6. Низкоуровневая телевизионная камера наблюдения и электронно-оптический преобразователь для нее./Патент рф №2362274, 2009.

Олександр Євмєшкін, Михайло Деревянко

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ РЕМОНТУ ВИРОБІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ ТА ІНТЕНСИВНОГО БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ

У роботі розглянуто особливості забезпечення якості ремонту авіаційних техніки державної авіації (далі – АТ ДА) в умовах дії правового режиму воєнного стану. Інтенсивна експлуатація, дефіцит ЗІП і ускладнена логістика підвищують ризики для льотної придатності повітряних суден. Показано значення сучасної діагностики, технологічного контролю, цифровізації (впровадження цифрових технологій для управління та автоматизації процесів) та адаптивних ремонтних підходів. Обґрунтовано потребу розроблення програми забезпечення надійності АТ ДА.

Ключові слова: *авіаційна техніка, ремонт, якість, ресурсні обмеження, воєнний стан, діагностика, льотна придатність.*

Вступ

Постановка проблеми. Тривала експлуатація АТ ДА в умовах дії правового режиму воєнного стану супроводжується зростанням інтенсивності польотів, збільшенням навантажень на агрегати та вузли, появою нетипових пошкоджень і прискореним зношуванням. Одночасно спостерігається дефіцит запасних частин, комплектувальних виробів, складальних одиниць, деталей і витратних матеріалів, що ускладнює виконання регламентних та відновлювальних робіт.

У цих умовах забезпечення стабільної якості ремонту стає критичним чинником підтримання льотної придатності та безпеки польотів АТ ДА. Дана проблема потребує комплексного підходу з урахуванням технічних, організаційних та технологічних обмежень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню надійності авіаційної техніки та підвищення ефективності ремонтних процесів присвячено роботи вітчизняних і зарубіжних дослідників, які зосереджуються на діагностиці технічного стану [1, с. 33-41; 5, с. 77-84], управлінні ресурсами, оптимізації технічного обслуговування та методах відновлення деталей [2, с. 269-277;].

Сучасні дослідження акцентують увагу на цифровізації процесів технічного обслуговування, прогнозуванні ресурсу, застосуванні ризик-орієнтованих моделей та адаптивних ремонтних технологій [3, с. 112–118; 4, с. 71-79; 6, с. 90–98]. Проте в умовах дії правового режиму воєнного стану, браку ЗІП та підвищених навантажень більшість існуючих рекомендацій потребують адаптації.

Це обумовлює необхідність нових практичних рішень, спрямованих на організацію ремонтів у режимі ресурсних обмежень.

Метою роботи є аналіз чинників, що впливають на якість ремонту авіаційних виробів АТ ДА в умовах обмежених ресурсів, підвищених експлуатаційних навантажень та інтенсивного бойового застосування, а також обґрунтування шляхів підвищення надійності та ефективності ремонтних процесів.

Основна частина

Інтенсивне використання АТ ДА в бойових умовах спричиняє підвищені механічні, температурні та динамічні навантаження, що призводить до появи пошкоджень конструкцій, відмов агрегатів і скорочення міжремонтних інтервалів. Це потребує оперативного реагування з боку органів технічного забезпечення.

Важливими чинниками, що впливають на якість ремонту показані на рис. 1:



Рис.1. Чинники, що впливають на якість ремонту

Проведений аналіз чинників, що впливають на якість ремонту в умовах ресурсних обмежень і підвищених навантажень, засвідчив важливість комплексного підходу, який включає сучасні методи діагностики, оптимізацію технологічних процесів, суворий контроль відновлювальних операцій, удосконалення документообігу та цифровізацію процедур технічного обслуговування. Значну роль відіграють організаційні аспекти — оперативність прийняття рішень щодо придатності виробів, підвищення кваліфікації персоналу та впровадження адаптивних ремонтних технологій, що дозволяють працювати за умов імпортозаміщення.

Висновки

На якість ремонту визначально впливають дефіцит запасних частин, прискорене зношування агрегатів, ускладнена логістика та використання аналогів або відновлених деталей.

Ефективне забезпечення льотної придатності можливе за умови поєднання сучасних методів діагностики, посиленого технологічного контролю, цифровізації та оптимізації організаційних процесів.

З урахуванням зазначених факторів обґрунтовано актуальність розроблення програми забезпечення надійності АТ ДА, яка має визначати комплекс організаційно-технічних вимог та заходів, спрямованих на підтримання заданих показників надійності й безпеки в умовах дії правового режиму воєнного стану.

Список використаних джерел

1. Дивак, М. П., Пилипенко, О. О. (2020). Система технічного діагностування літальних апаратів: сучасний стан та шляхи вдосконалення. Вісник Національного авіаційного університету. Серія: Авіація, 4, 33–41.
2. Сушак М.Б., Євмешкін О.І., Деревянко М.М., Фокін С.О. Методичний підхід щодо кількісної оцінки ремонтпридатності авіаційної техніки на етапі її ремонту в умовах авіаремонтного підприємства. Збірник наукових праць ДНДІА. 2024. № 20 (27). С. 269 – 277.
3. Горбенко, С. О. (2021). Підвищення ефективності технічного обслуговування авіаційних виробів на основі ризик-орієнтованого підходу. Проблеми військової техніки, 1(45), 112–118.
4. Борохвостов В.К., Рябець О.М., Сушак М.Б. Оцінка ефективності та проблемні фінансові, економічні та виробничо-технологічні питання впровадження на підприємствах України імпортозаміщення під час заводського ремонту авіаційної техніки. Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. 2019. № 2 (73). С. 71 – 79.
5. Гарнавський, А. І., Кравець, Ю. С. (2018). Діагностика втомних пошкоджень конструкцій літальних апаратів на основі неруйнівних методів контролю. Оборонні технології, 2, 77–84.
6. Іванченко, О. В., Марченко, Р. Ю. (2021). Підходи до управління технічним станом авіаційних виробів у бойових умовах. Системи озброєння і військова техніка, 3(67), 90–98.

Ігор Заріцький, Олена Вабішевич, Олена Ільїна

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ ЗАКОНУ УПРАВЛІННЯ АСИНХРОННИМ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРОМ В СИСТЕМІ ЗАПУСКУ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ЛІТАКІВ ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНОЇ АВІАЦІЇ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ ПОВНІСТЮ ЕЛЕКТРИФІКОВАНОГО ЛІТАКА

Розглянуто питання щодо формуванні методики синтезу закону управління асинхронним стартер-генератором на основі його алгоритму роботи в системі запуску авіаційних газотурбінних двигунів для перспективних літаків військово-транспортної авіації.

Наведено вимоги до надійного запуску газотурбінного двигуна та визначено ключові його характеристики котрі являються початковими вхідними даними для формування закону управління стартером-генератором.

Зроблено висновок щодо можливості використання асинхронної машини з короткозамкненим ротором в електричній системі запуску літаків військово-транспортної авіації..

Ключові слова: *авіаційний двигун, асинхронна електрична машина, концепція повністю електрифікованого літака, оптимізація*

Вступ

Концепція повністю електрифікованого літака передбачає використання електричної енергії на борту літального апарату як основної [1, с. 171...176]. У зв'язку з поетапною реалізацією вказаної концепції існуючі повітряні системи запуску повинні бути замінені на електричні прямої дії.

На сьогодні найбільш перспективною електричною машиною для авіаційного електропривода в системі запуску авіаційного газотурбінного двигуна вважається асинхронна машина з короткозамкненим ротором [2, с.71...82]. При умові її живлення від автономного бортового джерела енергії – допоміжної силової установки котра має обмежену потужність, виникає суперечлива задача: надійний запуск ГТД і необхідність обмеження пускових струмів асинхронного стартер-генератора під час запуску для стійкої роботи автономного бортового джерела енергії.

Аналіз робіт [3...5] визначив основну тенденцію сучасних досліджень за тематикою розвитку асинхронних електричних машин та вибору закону управління при використанні їх в стартерному режимі. Зазначені дослідження спрямовані на вибір оптимального закону частотного управління для підвищення ККД за рахунок зменшення енергетичних втрат, що дає підстави стверджувати про актуальність зазначеної тематики.

Основна частина

Процес проектування електричної системи запуску прямої дії повинен базуватись на врахуванні співвідношення моментів асинхронної електричної машини та моменту авіаційного газотурбінного двигуна котрий має дві складові: статичний момент опору та динамічний.

Оцінку мінімальної величини потрібної потужності пускового пристрою (стартер-генератора) доцільно вести виходячи з умов забезпечення рівноприскореної розкрутки ротора двигуна. Вибір рівноприскореної розкрутки $M_d = const$ дозволяє знизити масу і габаріти пускового пристрою за рахунок зниження необхідного обертаючого моменту в першому періоді запуску двигуна і необхідної його потужності на другому періоді при заданому часі запуску [6, с. 16].

Наглядно видно з формули (1), що при умові перевищення моменту турбіни (M_T) над моментом статичного опору (M_C) можливе самостійне розкручування ротора високого тиску від турбіни. До цього моменту, від початку роботи системи запуску, розкрутка ротора високого тиску можлива тільки за допомогою стартера.

$$M_T - M_C + M_{CT} = M_j \quad (1)$$

При формуванні алгоритму вибору закону частотного управління асинхронним стартер-генератором необхідно враховувати режими роботи компресора в процесі запуску.

Для побудови алгоритму при формуванні методики синтезу вибору закону частотного управління асинхронним стартером необхідно ввести припущення:

- характер і зміну значень обертаючого моменту стартера будемо формувати по моментній характеристики ротора компресора високого тиску;
- для визначення моменту електростартера будемо враховувати вплив температури атмосфери на його пускові характеристики.

Управління асинхронним стартер-генератором по мініму втрат дозволяє не тільки суттєво знизити втрати всієї системи запуску, включаючи первинне джерело, також забезпечує високу якість механічних характеристик на всьому діапазоні регулювання частот обертання його ротора. Ця система перспективна для потужних електричних машин які доцільно використовувати в системі запуску газотурбінних двигунів.

Реалізація зазначеного алгоритму передбачає визначення та врахування ряду чинників котрі впливають на роботу асинхронного стартер-генератора в процесі запуску газотурбінного двигуна та шляхи зменшення енергетичних втрат [7, с. 376...385].

Висновки

Результати запропонованого алгоритму дозволяють:
сформувати методику синтезу закону частотного управління асинхронним стартером під час запуску газотурбінного двигуна;

сформував закон управління стартер-генератором який дозволить більш наближено відтворити робочу лінію в граничних умовах протікання процесу запуску по запасу газодінамічної стійкості і температурі газів.

Список використаних джерел

1. Заріцький І.В., Діденко Ю.Л., Щодо методики синтезу оптимального закону управління асинхронним стартер-генератором електрифікованого літака., Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. Вип. №13 (20) 2017р., стор.171-176.
2. Заріцький І.В., Заріцький О.В., Методологія інтелектуального аналізу та вибору типу електричної машини для системи запуску авіаційних газотурбінних двигунів перспективних літаків військово-транспортної авіації., Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. Вип. № 20 (27) 2024 р., стор. 71-82.
3. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. М.: Изд-во АН СССР, 1955 г.
4. Алюшин Г.Н., Хорошилов Г.Т. Графоаналитический метод расчета оптимальных режимов частотного управления асинхронным двигателем. Труды V Всесоюзного совещания, часть I. Теория инвариантности и ее применение. К.: Наукова думка”, 1979 г., 459 с.
5. Єнчев С.В., Захарченко В.П., Гобатюк Т.П.. Стан і перспективи удосконалення систем електропостачання літаків. Національний авіаційний університет, К.: 2011 р. стор. 1.1.33-1.1.37.
6. Кац Б.М., Жаров Э.С., Винокуров В.А.. Пусковые системы авиационных газотурбинных двигателей. М.: “Машиностроение”,1976 г., 220 с.
7. Винокуров В.А., Попов Д.А. Электрические машины железнодорожного транспорта. - М.: Транспорт, 1986. - 510 с.

Олена Касянчик, Олена Ільїна

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПІДТРИМАННЯ БОЄЗДАТНОСТІ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Досліджено організаційні й технічні чинники підтримання боєздатності підрозділів державної авіації України в умовах воєнного стану. Розкрито аспекти управління, технічного обслуговування авіаційної техніки, логістичної стійкості, живучості інфраструктури та психологічної готовності персоналу. Акцентовано увагу на важливості міжвідомчої взаємодії, застосуванні принципів обслуговування за станом і впровадженні сучасних технологій для підвищення ефективності виконання завдань.

Ключові слова: *державна авіація; боєздатність; технічне обслуговування; логістичне забезпечення; авіаційна інфраструктура; міжвідомча взаємодія.*

Вступ.

Умови воєнного стану суттєво змінюють характер функціонування державної авіації України. Постійна загроза ракетних ударів та застосування БпАК противника, інтенсивність завдань, необхідність швидкої передислокації та оперативного реагування зумовлюють підвищені вимоги до організації діяльності авіаційних підрозділів. Технічний, кадровий, логістичний та інфраструктурний компоненти авіаційної системи мають працювати у режимі безперервної готовності, що визначається законодавчими нормами та настановами з бойового застосування державної авіації [1; 4].

Постановка проблеми. Бойові події 2022-2025 рр. продемонстрували, що традиційні підходи до організації авіаційного забезпечення потребують модернізації. Перед підрозділами постають проблеми: забезпечення живучості авіаційних об'єктів; оптимізації технічного обслуговування в умовах підвищеного навантаження; дефіциту окремих матеріальних ресурсів; необхідності виконання завдань у режимі високої оперативності; підтримання психологічної стійкості та працездатності персоналу [2; 4].

Мета дослідження. Комплексно проаналізувати організаційні й практичні чинники підтримання боєздатності підрозділів державної авіації України та визначити шляхи оптимізації їх функціонування в умовах воєнного стану.

Основна частина

Ефективність державної авіації визначається здатністю командування забезпечувати безперервний управлінський цикл: оперативне планування → контроль виконання → корекція рішень → зворотний зв'язок [4]. Безперервність цього циклу є передумовою

стабільності та передбачуваності управлінських процесів, особливо в умовах воєнного стану, коли часові рамки на ухвалення рішень істотно скорочуються. У цьому контексті ключовими чинниками є: дотримання Стандартів Flight Safety; швидкість обробки інформації; злагоджена взаємодія командно-штабних структур; застосування сучасних систем управління (АСУ, цифрові карти, геоінформаційні модулі).

Водночас організаційні заходи ефективні лише за умови якісної координації з іншими елементами сектору безпеки й оборони. Співпраця з інженерними, логістичними, зв'язковими та розвідувальними підрозділами дає змогу підтримувати стійкість авіаційної інфраструктури та забезпечувати належний рівень готовності сил. Узгоджені дії різних служб дозволяють підвищити ефективність управління ресурсами та оперативність реагування на загрози.

Особливе місце в системі діяльності державної авіації займає технічне забезпечення. Підрозділи виконують широкий спектр завдань – від експлуатації та передпольотної підготовки до технічного контролю, відновлення та маскуванню авіаційної техніки. У воєнний час ці процеси ускладнюються низкою факторів, серед яких нестабільність місця базування, підвищений знос агрегатів, необхідність проведення позачергових регламентних робіт, а також робота в умовах скорочених часових інтервалів між вильотами. За таких умов особливої актуальності набуває застосування принципів технічного обслуговування за станом, що передбачають використання цифрових облікових журналів, методів неінвазивної діагностики та діяльність мобільних ремонтних груп. Ці підходи дозволяють підвищити оперативність і якість технічної підтримки, оптимізувати використання ресурсів і мінімізувати ризики відмов авіаційних систем [2; 4].

Логістична спроможність є ще одним критичним компонентом боєготовності авіаційних підрозділів. Сучасний логістичний комплекс включає постачання запасних частин, транспортне забезпечення, організацію складування та переміщення матеріальних засобів, енергетичну підтримку та відновлення пошкоджених об'єктів інфраструктури. В умовах постійних загроз доцільним є використання розосереджених складів, захищених укриттів, мобільних модулів обслуговування та автоматизованих систем обліку матеріалів, що забезпечує оперативність постачання й стійкість до зовнішнього вогневого впливу [3]. Не менш важливим напрямом є забезпечення живучості авіаційних підрозділів. Цей компонент включає комплекс заходів, спрямованих на маскуванню техніки та особового складу, інженерне укріплення майданчиків, застосування засобів протидії безпілотним літальним апаратам противника, а також протидію ракетним і артилерійським ударам. Дотримання процедур евакуації та передислокації є невід'ємною складовою збереження боєздатності. Використання сучасних камуфляжних систем, розосередженого базування та оперативних маршрутів маневрування істотно знижує ризики ураження й підвищує загальну стійкість підрозділів.

Умови високої інтенсивності служби потребують від персоналу здатності працювати в середовищі підвищеного стресу, інформаційного тиску та перевтоми. Психологічна стійкість військовослужбовців формується завдяки систематичним тренуванням із реагування на нештатні ситуації, інструктажам з авіаційної безпеки, впровадженню протоколів психофізіологічної підтримки та розвитку командної взаємодії. За даними досліджень НАТО [5], рівень стресостійкості прямо впливає на якість виконання завдань у високоризиковому середовищі.

Завершальним елементом системи підтримання боєготовності є міжвідомча та міжструктурна взаємодія. Ефективність авіаційних підрозділів значною мірою залежить від синхронізації дій із підрозділами Повітряних Сил, частинами Сил оборони, ремонтними підприємствами, органами військового управління та цивільними структурами, відповідальними за функціонування критичної інфраструктури. Спільні тренування, обмін оперативними даними, уніфікація протоколів і стандартизовані процедури забезпечують високий рівень координації та підвищують точність виконання бойових завдань.

Висновки

Таким чином, підтримання боєздатності державної авіації України в умовах воєнного стану є багатовимірним процесом, що охоплює управлінські, технічні, логістичні, психологічні та інфраструктурні аспекти. Комплексний підхід до організації роботи, поєднання традиційних і сучасних технологічних рішень, а також ефективна координація між підрозділами та структурами сектору оборони забезпечують стабільність і результативність виконання завдань у складних умовах.

Список використаних джерел

1. Закон України “Про оборону України”. № 1932-ХІІ від 06.12.1991. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 9. Ст. 106.
2. Боровик В. А. Технічна експлуатація авіаційної техніки: сучасні технології та інновації. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського “ХАІ”, 2021. 276 с.
3. Дудко П.С. Основи логістичного забезпечення авіаційних підрозділів : навчальний посібник. Київ : НУОУ ім. І. Черняхівського, 2020. 192 с.
4. Мартинюк О. В. Державна авіація України: правові та організаційні засади. Київ : Нац. ун-т оборони України, 2022. 184 с.
- 5/ NATO. Air Operations Doctrine. Allied Joint Publication AJP-3.3. Brussels : NATO Standardization Office, 2021. 168 p. URL: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/listpromulg> (дата звернення: 22.11.2025).

Микола Лихоліт, Владислав Осокін, Володимир Тягур

Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал”, Київ

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОЇ НАВІГАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ КРОС-СПЕКТРАЛЬНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

У роботі розглянуто проблему автономної навігації безпілотних літальних апаратів в умовах відсутності сигналів GNSS. Метою роботи є розробка алгоритму корекції дрейфу інерціальної системи шляхом співставлення зображень бортової LWIR-камери з еталонними оптичними супутниковими знімками. Запропоновано метод на базі нейромережевої архітектури LOFTR, що дозволяє знаходити відповідності між різноспектральними зображеннями. Результати моделювання підтверджують ефективність підходу для нічної навігації.

Ключові слова: візуальна навігація, LWIR, крос-спектральна кореляція, супутникові знімки, геоприв'язка, LOFTR.

Вступ

Постановка проблеми. В умовах ведення бойових дій та активного радіоелектронного подавлення супутникової навігації (GNSS-denied environments) критично важливою стає здатність автономної платформи визначати свої абсолютні глобальні координати [1]. Класичні інерціальні системи накопичують похибку, а візуальна одометрія страждає від проблеми дрейфу.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі методи корекції траєкторії базуються на порівнянні поточних зображень з картами [2]. Проте використання різнорідних сенсорів – камери видимого діапазону та тепловізора (LWIR) – створює проблему «спектрального розриву». Класичні дескрипторні методи (SIFT, ORB) демонструють низьку ефективність у тепловізійному спектрі через розмитість градієнтів[3].

Мета. Мета полягає у розробці архітектури системи абсолютної візуальної навігації, що використовує комплексування даних видимого та інфрачервоного спектрів для стійкого позиціонування відносно загальнодоступних супутникових знімків.

Основна частина

Розроблена система базується на біспектральному оптичному блоці, що складається з CMOS-сенсора (Visible) та мікроболометричної матриці (LWIR). Ключовим викликом є знаходження відповідностей між зображеннями з суттєво різною радіометричною природою. У роботі запропоновано використання бездетекторного підходу на базі архітектури LOFTR (Local Feature TRansformer). Використання механізмів Self-Attention та Cross-Attention дозволяє алгоритму працювати не з локальними

піксельними ознаками, а з глобальним контекстом сцени. Це забезпечує надійне співставлення зображень навіть за умов інверсії контрасту та значних візуальних відмінностей між тепловим випромінюванням об'єктів та їх оптичним відображенням на карті.

Експериментальне дослідження включало моделювання роботи системи з використанням макету встановленому на БПЛА та бази супутникових знімків як еталону.



Рис. 1. Пошук і зіставлення за ключовими точками ІЧ знімка з еталонним зображенням у видимому спектрі

Результати показали, що використання LWIR-каналу дозволяє виконувати прив'язку до карти супутникових знімків, орієнтуючись на теплові відбитки інфраструктури (дороги, будівлі), та нівелювати вплив сезонних змін, фокусуючись на температурно-стабільних орієнтирах.

Висновки

Створена архітектура системи дозволяє автономному апарату коригувати дрейф інерціальної системи навігації без використання GPS. Застосування методу крос-спектральної кореляції на базі трансформерів забезпечує можливість використання загальнодоступних оптичних супутникових карт для навігації в інфрачервоному спектрі, що значно розширює операційні можливості безпілотних платформ.

Список використаних джерел

1. Jarraya I. et al. GNSS-denied unmanned aerial vehicle navigation: analyzing computational complexity, sensor fusion, and localization methodologies // *Satellite Navigation*. 2025. 6:9. DOI: 10.1186/s43020-025-00162-z.
2. Сімченко С.А. Використання системи візуального позиціонування спільно з GNSS для навігації БПЛА // *Тези Міжнародного конгресу авіаційних університетів*. НАУ, Київ, 2021. 3 с.
3. Geneva P., Eckenhoff K., Lee W., Yang Y., Huang G. OpenVINS: A Research Platform for Visual-Inertial Estimation // *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 2020. P. 4666-4672.

Олексій Мавренков, Сергій Матвійчук, Анастасія Мавренкова

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СОЛВЕРІВ У СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ GMDH-МЕТОДУ

В тезах доповіді представлено результати аналізу інструментів автоматизації системи підтримки прийняття рішень на основі інтерактивних моделей GMDH-методу. Розглядається організація побудови та функціонування солверів (вирішувачів) GMDH-методу у системі підтримки прийняття рішень на етапах верифікації (моніторингу інформаційного стану) та валідації (діагностики) ситуацій прийняття рішень. Висвітлено загальний алгоритм автоматичного відбору найкращих предикторів та структури моделі шляхом мінімізації помилки прогнозу. Обґрунтовано прогнозоване підвищення ефективності системи підтримки прийняття рішень за рахунок солверів побудованих на основі GMDH-методу.

Ключові слова: *система підтримки прийняття рішень, GMDH-метод, солвери, алгоритм, моделювання (модель), база даних.*

Вступ

Постановка проблеми. На цей час значно підвищуються вимоги до необхідності прийняття найбільш ефективних рішень при плануванні, проектуванні та управлінні складними системами, причому часто прийняття рішення має відбуватися у реальному часі. Вирішення цих проблем потребує створення нових інформаційних технологій, що забезпечують підтримку процесу вироблення та прийняття рішення. На сьогодні розвиток систем підтримки прийняття рішень (СППР) здійснюється шляхом інтеграції алгоритмів штучного інтелекту. Тому актуальним є питання дослідження функціонування СППР на основі нових методів вирішення складних задач та вироблення раціональних рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання технології побудови СППР досить активно обговорюються науковою спільнотою на сторінках фахових видань і монографій, зокрема [1 – 4] та ін. У роботі [2, с. 14] показано основні етапи формування процесу підтримки прийняття рішень: верифікація інформаційного стану, валідація ситуації прийняття рішення, планування дій та формування рішень. Показано, що в процесі прийняття рішення на будь-якому з етапів можуть виникати структуровані та неструктуровані ситуації [2, с. 14...15]. У випадках, коли задача не має відомого алгоритмічного рішення виникає необхідність введення в СППР інтерактивних моделюючих систем, які, як правило, підвищують ефективність функціонування СППР в цілому. В якості інструмента для вирішення таких задач, найбільш ефективним являється метод групового урахування аргументів – Group Method of Data Handling (GMDH-метод) [3, с. 45]. І хоча GMDH-метод у його сучасному вигляді зазнав трансформації

у більш потужніші інструменти (нейронні мережі, бустинг, ансамблі), він все ще є актуальним у сучасному машинному навчанні (крос-валідація, автоматичний відбір ознак, багаторівневі структури), технічній діагностиці та прогнозуванні.

Мета. Представлення результатів аналізу організації побудови та функціонування солверів на основі GMDH-методу у системі підтримки прийняття рішень.

Основна частина

GMDH-метод є сімейством індуктивних алгоритмів для математичного моделювання мультипараметричних даних, що засновується на рекурсивному селективному відборі моделей, на основі яких будуються більш складні моделі [4, с. 67...68]. Основна ідея методу – автоматичний відбір найкращих предикторів та структури моделі шляхом мінімізації помилки прогнозу.

GMDH-метод широко використовується для оцінювання альтернатив (наприклад, різних технічних систем) за кількома показниками (наприклад, технічний рівень, вартість, надійність тощо) шляхом побудови моделі, яка прогнозує інтегральну оцінку системи. Застосування цього методу в інтерактивних солверах або моделюючих системах доцільно на етапах верифікації та валідації ситуацій прийнятих рішень і на етапі формування рішень.

На етапі верифікації, коли відповідна система не може з якихось причин ідентифікувати стан бази даних (БД), необхідна система діагностики, класифікації та прогнозування інформаційного стану.

Система діагностики та прогнозування даних, побудована з використанням GMDH-методу, здійснює діагностування та прогнозування стану БД у заданій предметній області. В результаті роботи системи діагностики та прогнозування даних БД може заповнюватися як числовими, так і логічними залежностями.

На етапі валідації прийняття рішень система моделювання виконує в автоматичному або автоматизованому режимі функції системи, яка визначає, ідентифікує нерозпізнану ситуацію в умовах погано структурованої інформації.

Слід зазначити, що в залежності від наявної апіорної інформації про предметну область, статистичні характеристики даних та цілей моделювання, система повинна забезпечувати вирішення таких завдань:

- відновлення незашумлених значень вихідних змінних об'єкта;
- побудова найкращої моделі для прогнозування (вихідних та вхідних змінних);
- синтез фізичної моделі, що відображає закономірність процесів або взаємозв'язків в об'єкті;
- побудова системних моделей – автоматичний поділ змінних на вхідні та вихідні і відновлення їх взаємозв'язків.

Висновки

GMDH-метод залишається актуальним інструментом для СППР завдяки автоматизації, адаптивності та стійкості до “шуму”, що забезпечує швидке й точне моделювання складних систем. Застосування методу зменшує залежність від суб’єктивних оцінок і підвищує надійність СППР у реальному часі.

Інтерактивні солвери, побудовані на основі GMDH-методу очікувано підвищують ефективність СППР у динамічних ситуаціях при обмеженому обсязі спостережень та при мінімальній або повній відсутності апріорної інформації про об’єкт, забезпечуючи швидке створення моделей, які адаптуються до змін у даних, що підвищує точність діагностики та моніторингу.

Список використаних джерел

1. Бідюк П.І., Тимошук О.Л., Коваленко А.Є., Коршевнік Л.О. Системи і методи підтримки прийняття рішень. Київ. КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022. 610 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/6958f683-fbac-4506-9c85-5115c8f8b4c6/content> (дата звернення: 21.08.2025).
2. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследований и проектирование сложных систем. Киев: Наук., думка, 1982. 285 с.
3. Івахненко А. Г. Поліноміальні та логічні методи в задачах прогнозування. Київ: Наукова думка, 1980. 312 с.
4. Скакаліна О.В., Карпов С.С. Метод групового урахування аргументів. Новітні інформаційні системи та технології, НУПП. №1, 2014. С. 67-72.

Анатолій Семенюк, Ростислав Смуk, Олег Лобань

Приватне підприємство “Науково-виробниче приватне підприємство “Спаринг-Віст Центр”, Львів, Запоріжжя

ДОСВІД СТВОРЕННЯ БОРТОВИХ ВІДПОВІДАЧІВ ТА НАЗЕМНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАПИТУВАЧІВ СИСТЕМИ ДЕРЖВІЗНАВАННЯ “СВІЙ” - “ЧУЖИЙ”

Розглядаються порівняльні характеристики систем державного впізнання “Пароль” та країн НАТО МК-Х, МК-ХІІ. Проінформовано про досвід створення вітчизняного малогабаритного радіолокаційного відповідача системи “Пароль” - виробу 380.1 та наземного радіолокаційного запитувача – 1Л24-1У. Наголошується на необхідності прийняття концепції розвитку системи держвпізнання.

Ключові слова: систем державного впізнання “Пароль”, системи держвпізнання країн НАТО - МК-Х, МК-ХІІ, радіолокаційного відповідача системи “Пароль” - виріб 380.1, наземний радіолокаційний запитувач – 1Л24-1У.

Вступ

Система державного впізнання є багатофункціональною і широкомасштабною системою, яка зберігає свою актуальність при всіх військових доктринах, і від її досконалості і надійності залежить в значній мірі захист повітряного простору України.

Основна частина

З урахуванням нових політичних та військових реалій, відновлення повноцінної системи державного впізнання в самій Україні є нагальною потребою безпеки держави. На даний час в Україні державна система впізнання “Пароль” функціонує не в повному обсязі. Більшість літаків цивільної авіації не оснащена відповідачами впізнання (на літаках іноземного виробництва їх немає взагалі) або ці відповідачі знаходяться в неробочому стані чи відключені. Війська ППО не мають можливості визначити до якої з країн СНД належить літак. Таке становище державної системи впізнання може привести до вкрай негативних наслідків, оскільки в екстреному випадку неможливо буде розпізнати об'єкт і своєчасно вжити відповідних заходів засобами військ ППО.

Необхідно відмітити, що системи НАТО “Марк-Х”, “Марк-ХІІ” (МК-Х, МК-ХІІ) мають суттєві відмінності: вони використовують іншу апаратуру та робочі діапазони хвиль, принципово відмінні від тих, що використовуються в системі “Пароль”, вони також використовуються багатьма іноземними країнами. Крім того, хвильовий діапазон МК-Х, МК-ХІІ сумісний діапазону управління повітряним рухом (УПР), але в ній є і серйозні недоліки:

- впровадження цього варіанту потребує багато часу та коштів;

- необхідна розробка системи національного режиму ідентифікації або її придбання за кордоном з метою забезпечення роботи в IV режимі системи МК-ХІІ;

- система МК-ХІІ по своїм криптографічним можливостям в IV режимі на думку фахівців значно поступається II режиму системи “Пароль”.

Довідково: у СРСР перехід з системи впізнавання “Кремній” на систему впізнавання “Пароль” проводився в декілька етапів, що зайняло більше 10 років.

В разі прийняття рішення щодо переходу на МК-ХІІ, необхідно замінити всю апаратуру впізнавання літаків, радіолокаційних станцій наземних і надводних об'єктів. Також, як вже було сказано раніше, для забезпечення роботи в IV режимі необхідно придбати криптографічну систему кодування, або розробити її самостійно, що також потребує значних коштів.

Перехід на роботу в режимах МК-Х, МК-ХІІ забезпечить можливість для ВПС контролювати рух:

- своєї військової авіації - режими 1, 2, 3, С;
- військової авіації країн НАТО, що використовують повітряний простір на законних підставах (режими 1, 2, 3, С);
- цивільної авіації.

Однак, використання тільки режимів 1, 2, 3 не дозволить повністю ідентифікувати літаки своєї військової авіації тому що:

- на літаках інших країн можуть бути встановлені довільні коди режимів 1, 2, 3, що співпадають з кодами, заданими командуванням ВПС країни;

- на літаках ворогідного супротивника можуть бути навмисно встановлені імітатори кодів режимів 1, 2, 3 з метою прориву системи ППО.

Повну ідентифікацію літаків своєї військової авіації може забезпечити лише використання національного режиму ідентифікації аналогічного режиму 4 системи МК-ХІІ.

Для того щоб супротивник не зміг зімітувати національні коди, система кодування повинна мати імітостійкість, що відповідає вимогам стандарту STANAG.

Зважаючи на вищевикладене, на цей час не вирішена ціла низка питань, найважливішими з яких є наступні:

- не визначена концепція розвитку організаційного забезпечення по системі держвпізнавання;
- не визначені підприємства і наукові заклади, які повинні виконувати функції головних з цього напрямку;
- не вирішуються питання оснащення нової техніки наземними та бортовими засобами радіолокаційного забезпечення.

ДКР “ОЗНАКА-1”, яку було розпочато у 2000 році і за 14 років з різних причин виконано тільки два етапи, передбачала суміщення цих двох типів бортових відповідачів системи “Пароль” та МК-Х в одному конструктиві.

Наша фірма ПП “Науково-виробниче приватне підприємство “Спаринг-Віст Центр” неодноразово пропонувала МО продовжити і завершити цю роботу, але не отримала підтримки.

В ініціативному порядку нами розроблена РКД, виготовлені дослідні взірці, проведені попередні випробування і присвоєна літера “О” документації на вітчизняний літаковий малогабаритний радіолокаційний відповідач системи держвпізнання “Пароль” (виріб 380.1). Виріб 380 за своїми тактико-технічними і конструктивними характеристиками максимально наближений до виробу 680 - малогабаритного уніфікованого відповідача в мікроелектронному виконанні, призначеного для роботи в системах держвпізнання “Пароль”. У порівнянні з виробом 680 виріб 380 має кращі масо-габаритні характеристики, менше енергоспоживання, а також має додаткові функціональні особливості – реалізацію рознесеного прийому, тобто видачу сигналу відповіді в ту антену, з якої надійшов сигнал запиту більшої амплітуди і можливість оперативного відключення неімітостійкого режиму в умовах бойових дій.

Для продовження випробувань і отримання можливості займатися цим напрямком, підприємство проходить схвалення в ГУДАУ як розробник і виготовлювач складових частин літальних апаратів державної авіації.

Крім цього на даний час ми завершуємо ініціативну розробку Наземного радіолокаційного запитувача системи “Пароль” - 1Л24-1У.

Спеціалісти фірми володіють необхідним досвідом, науковим і виробничим потенціалом зі створення бортових відповідачів, в тому числі типу МК-Х, МК-ХІІ.

Висновки

В ініціативному порядку розроблено вітчизняний літаковий малогабаритний радіолокаційний відповідач системи держвпізнання “Пароль” (виріб 380.1). Завершується ініціативна розробка наземного радіолокаційного запитувача системи “Пароль” - 1Л24-1У.

В сучасних складних умовах вкрай необхідно визначитися з концепцією розвитку системи держвпізнання і для нашого підприємства залишається актуальним питання продовження робіт по цьому напрямку, на які тратяться значні трудові і фінансові ресурси.

Олександр Скляр, Леонід Нагорний, Петро Ковель

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ПРО ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВТУЛКОВО-РОЛИКОВИХ ЛАНЦЮГІВ ВЕРТОЛЬОТІВ ТИПУ МІ-8МТ(МТВ), МІ-24

Приведено аналіз наявної статистичної інформації про наробіток втулково-роликів ланцюгів, які надходять на авіаремонтне підприємство під час виконання капітального ремонту вертольотів типу Мі-8МТ(МТВ), Мі-24, а також результати аналізу лабораторних випробувань на розрив втулково-роликів ланцюгів нового зразка та зразків, які мають напрацювання більше початково встановленого нормативною документацією. У ході проведення випробувань досліджуваних втулково-роликів ланцюгів, визначено залежність видовження ланцюга та зусилля на його розрив. Визначено можливість збільшення призначеного ресурсу втулково-роликів ланцюгам типу Мі-8МТ(МТВ), Мі-24 понад значення встановлені нормативною документацією.

Ключові слова: *втулково-роликів ланцюг, вертольоти типу Мі-8МТ(МТВ), Мі-24, збільшення призначеного ресурсу, видовження ланцюга, зусилля на розрив, технічний стан.*

Вступ

Постановка проблеми: Протягом 2022-2025 років значно збільшилась інтенсивність застосування вертольотів типу Мі-8МТ(МТВ), Мі-24 для виконання спеціальних завдань, що призводить до швидкого вичерпання ресурсу вертолітного парку.

У даних умовах, для підтримання відповідного рівня справності зазначеного парку виникає необхідність мати у наявності та проводити заміну значної кількості агрегатів та комплектувальних виробів ресурси та строки служби яких відрізняються від ресурсів і строків служби вертольота.

Особливо гостро стало питання щодо заміни втулково-роликів ланцюгів ПР-15,875-2300-1-67 (далі – ланцюг(и)), які відпрацювали попередньо встановлені показники, а саме призначений ресурс.

Мета доповіді - наукове обґрунтування збільшення призначеного ресурсу ланцюгам вертольотів типу Мі-8МТ(МТВ), Мі-24 для підтримання справності зазначених вертольотів за умови забезпечення на належному рівні надійності цих елементів під час експлуатації.

Основна частина

З метою збільшення призначеного ресурсу ланцюгів вертольотів типу Мі-8МТ(МТВ), Мі-24 проведено лабораторні дослідження семи ланцюгів, а також аналіз записів пономерної документації 278 ланцюгів, які було демонтовано під час виконання капітального ремонту з зазначених типів

вертольотів, з яких 99 ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) та 179 ланцюгів вертольотів типу Ми-24. Основна причина демонтажу ланцюгів – це надходження в ремонт основного виробу.

Результати аналізу наробітку, демонтованих під час ремонту ланцюгів, засвідчують, що близько 50 % ланцюгів вертольотів типу Ми-24 та 40 % ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) демонтовано з наробітком до 500 годин з початку експлуатації. Частка ланцюгів, які знято з експлуатації з наробітком від 500 до 1000 годин становить 49 % вертольотів Ми-24 та 37 % вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ). Разом з тим є ланцюги, які мають наробіток більше 1000 годин – це близько 9 % ланцюгів вертольотів типу Ми-24 та понад 37 % ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ).

Також встановлено, що один ланцюг вертольотів типу Ми-24 та сім ланцюгів вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) мають наробіток значно більший 1500 годин.

Максимальний наробіток ланцюга на вертольоті типу Ми-24 становить – 1771 годину, а на вертольоті типу Ми-8МТВ – 2002 години.

Зазначені результати аналізу експлуатації ланцюгів свідчать про наявність значних запасів їх призначеного ресурсу.

Під час проведення лабораторних досліджень ланцюгів перевірено геометричні розміри, зусилля на розрив та інші параметри, що впливають на надійність ланцюгів відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 13568:2006 [1, с. 1...11].

Результати проведених досліджень показали, що видовження ланцюга залежить, як правило, від його наробітку, при збільшенні наробітку зростає і видовження ланцюга. Але мають місце випадки, коли при значних наробітках видовження ланцюга не значне або взагалі відсутнє. Виявлена і така закономірність, що на вертольотах типу Ми-24 видовження ланцюгів значно більше при тих же наробітках ланцюгів, що і на вертольотах типу Ми-8МТ(МТВ). Це пояснюється значно більшою кількістю переміщень педалей і більшими навантаженнями на ланцюг, від лопатей рульового гвинта.

Також досліджено залежність величини відрізків видовження ланцюгів (49 ланок) [1, с. 8] від їх розташування на ланцюгах. Встановлено, що найбільше видовження ланцюгів спостерігається у середній частині. Це пов'язано з тим, що при роботі ланцюга він переміщається на зірочці не по всій довжині, а переважно в середній частині.

Також проведено лабораторні випробування зусиль на розрив ланцюгів, які мають відповідний наробіток та ланцюгів 1 категорії, з метою з'ясування запасу міцності та визначення можливої залежності зусиль на розрив від наробітку.

У ході випробувань встановлено, що: руйнування ланцюгів відбувається по валикам; залежності величини зусилля на розрив ланцюгів від їх видовження не виявлено; величина зусиль на розрив усіх досліджуваних ланцюгів більше від встановленої Стандартом на 12,8 % ... 13,7 %.

Слід зазначити, що на ланцюгах, демонтованих з вертольотів, які

перебували в експлуатації значно більше ніж передбачено нормативною документацією виявлено такі дефекти: раковини на головках валиків від 12 до 22 штук; поверхнева корозія зовнішньої та внутрішньої поверхні пластин. При цьому площа корозії пластин становить від 5 % до 23 %; наявна корозія на одному з ланцюгів на поверхні 17 роликів; потемніння головок валиків; потемніння поверхні роликів (на деяких ланцюгах від 65 % до 100 %).

Усі досліджувані ланцюги мали легку без заїдань рухливість, захисне покриття пластин задовільне, але є ланцюги на яких воно порушено до основного металу.

Висновки

За результатами досліджень встановлено:

1. Збільшення призначеного ресурсу втулково-роликовим ланцюгам ПР-15,875-2300-1-67 вертольотів типу Ми-8МТТ(МТВ), Ми-24 понад 1000 годин можливе [2].

2. Під час роботи ланцюгів виникає їх видовження на величину, яка залежить від їх наробітку. Видовження ланцюгів на вертольотах типу Ми-24 більше ніж на вертольотах типу Ми-8МТ(МТВ).

3. Величина зусиль на розрив ланцюгів мало залежить від їх видовження. Руйнування ланцюгів 1 категорії і тих, які мали наробіток відбувається на валиках.

4. На ланцюгах, які мали наробіток, після їх препарування на елементах ланцюгів тріщин не виявлено.

5. Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення впливу тривалих строків експлуатації на надійність ланцюгів.

Список використаних джерел

1. ДСТУ ГОСТ 13568:2006. Цепи приводные роликовые и втулочные. Общие технические условия. (ГОСТ13568-97 (ИСО 606-94), IDT; ISO 606:1994, NEQ). - 24 с.
2. Звіт про результати виконання робіт та досліджень щодо можливості збільшення призначених показників втулково-роликовому ланцюгу ПР-15,875-2300-1-67, звіт ДНДІА, 2024. - 145 с.

Олександр Склярів, Геннадій Гайдамашко, Володимир Полуянов

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

АСПЕКТИ ВИБОРУ БАЗОВОГО ЗРАЗКУ БАРАЖУЮЧОГО БОЄПРИПАСУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВЕРТОЛІТНОГО КОМПЛЕКСУ

З метою забезпечення необхідних спроможностей армійської авіації Сухопутних військ Збройних Сил України розглянуто актуальність її оснащення сучасними авіаційними засобами ураження. Сучасний супротив навалі загарбницької росії свідчить, що особливе місце серед авіаційних засобів ураження займають баражуючі боєприпаси, які наносять значні втрати противнику в оперативній та тактичній глибині. Застосування баражуючих боєприпасів з вертольотів підвищує їх спроможність щодо ураження об'єктів противника в оперативній та тактичній глибині. У напрямку створення таких комплексів у Франції, Китаї та росії ведуться відповідні роботи. Тому дослідження питання створення вертолітного комплексу з баражуючими боєприпасами є актуальним. При висуванні вимог до такого комплексу необхідно виконати низку заходів одними із яких є аналіз об'єктів ураження, масово-габаритні та льотно-технічні характеристики баражуючих боєприпасів, їх лінійка зразків.

Ключові слова: вертолітний комплекс, баражуючий боєприпас (ББ), масово-габаритні та льотно-технічні характеристики.

Вступ

Постановка проблеми. На сьогодні бойові дії ЗС України проти російських загарбників потребують захисту (підтримки, контрнаступу) з боку повітряних засобів до складу яких також входять вертольоти армійської авіації Сухопутних військ ЗС України. Але на цей час застосування вертольотів армійської авіації Сухопутних військ ЗС України обмежується багатьма причинами, до яких входить дальність дії штатного озброєння та значний час знаходження вертольоту у зоні дії ворожого ППО.

Тому стоїть завдання щодо підвищення спроможності армійської авіації із нанесення авіаційних ударів по визначених об'єктах у тактичній і оперативній глибині. Виконання цього завдання можливо забезпечити розширенням номенклатури озброєння вертольотів засобами ураження збільшеної дальності дії та застосування таких засобів на нових принципах дії на об'єкти противника.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із таких авіаційних засобів ураження для оснащення вертольотів розглядається ББ, який поєднує в собі розвідувальні та ударні, з високою точністю ураження, має можливість застосовуватись з вертольотів. У світі проводяться роботи у цьому напрямку. Цьому свідчать розробки у США, Франції, Німеччині, Ізраїлі, Китаю, Великої Британії, Росії та інших [1-4].

Мета. На підставі розглянутих комплексів ББ обґрунтувати базовий зразок ББ для створення вертолітного комплексу.

Основна частина

ББ нового покоління розроблено компанією Toutatis у співробітництві з фірмою Aeromapper (Франція) для виконання високо інтенсивних бойових операцій, як засіб точних та автономних ударів в складних умовах, коли канали зв'язку та геолокації можуть бути порушені (втрачені) [1]. Здатен працювати з розвідувальними дронами, що дозволяє автоматично виявляти та атакувати цілі без постійного контролю з боку оператора.

ББ Hero-120 розроблено німецькою компанією Rheinmetall та ізраїльською Uvision для патрулювання місцевості, знищення броньованої техніки та особового складу [2].

ББ Switchblade 300 (600) розроблено США з протитанковою боєголовкою на основі ракети Javelin [3]. Вони працюють в умовах ближнього бою на складній місцевості, де підтримка з повітря складна. На сьогодні Switchblade дороблений та використовується Збройними силами України для знищення російських систем ППО, таких як “Панцирь” и С-300.

У 2025 року в російська компанія АТ “НПП “Исток” ім. Шокіна” має розробки щодо системи пошуку та знищення безкіпажних катерів [4]. Баражуючий дрон-камікадзе “Дятел” призначений для ураження наземних (надводних) цілей (об’єктів). Зазначений ББ також планується застосовувати з вертольотів Ка-29 та Ка-27М.

Деякі основні характеристики вище зазначених вертолітних комплексів ББ Франції, Німеччини, Ізраїлю, США та росії наведено у таблиці 1.

Слід зазначити, що в Україні на даний час розроблено комплекс БпЛА наземного базування з ББ, наприклад комплекс “Булава”, дальність застосування якого становить понад 60 км, який можна взяти за основу для озброєння вертольотів армійської авіації [5].

Після визначення цілей постає питання щодо архітектури такого ББ. Базовим зразком безпілотного ударного засобу для створення вертолітного комплексу може бути ББ із наступними загальними основними масо-габаритними та іншими характеристиками:

аеродинамічна схема ББ – хрестоподібний з таким самим хвостовим оперенням (ця схема добре себе зарекомендувала при управлінні в польоті та при швидкому розгоні під час атаки цілі); двигун – електричний (практично не чутний у повітрі); довжина – 1,492 м; розмах крила – 1,596 м; загальна маса – 11 кг, маса бойової частини (БЧ) – 3,6 кг.

Значення льотно-технічних характеристик такого ББ наступні: крейсерська швидкість польоту – 100 км/год; максимальна швидкість польоту – до 180 км/год; висота польоту – 2000 м; тривалість польоту – 1 год.

Так як ворожі об’єкти мають різні характеристики ураження необхідно мати ББ із різною масою та спорядженою БЧ, а саме: масою від 3,6 до 50 кг; кумулятивною, уламково-фугасною, термобаричною та іншою.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики відомих ББ, що використовуються з вертольотів

№ з/п	Найменування характеристики	Toutatis Франція	Hero-120 Німеччина, Ізраїль	“Дятел” росія	Switchblade 300(600) США
1	Загальна маса, кг		14,5	21	2,7(23)
2	Маса бойової частини, кг	1,0	4,5	8	1,0(до 10)
3	Крейсерська швидкість, км/год		100	130	120(120)
4	Максимальна швидкість, км/год		120	200	160(185)
5	Дальність застосування, км	10	до 60	100	40(80)
6	Висота польоту, м		3100	3500	
7	Тривалість польоту, хв	до 45	до 60	до 50	до 40(60)
8	Спосіб наведення	GPS	GPS	GPS, ТВ ІЧ канал	GPS
9	Габарити, мм довжина розмах крил	85	1500 600	1836 1770/1394	610(1900)

Висновки

Забезпечення вертолітним комплексом ББ дозволить підвищити ударну складову армійської авіації, що в кінцевому випадку облегшить дії Збройних Сил України на полі бою. Матеріали можна використати при висуванні технічних вимог до вертолітного комплексу ББ.

Список використаних джерел

1. Toutatis: барражирующий боеприпас нового поколения – [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: <https://building-tech.org/%D0%92%D0%BE%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/toutatis:-barrazhyruyushchyu>.
2. HERO-120 - Uvision USA-Tactical Drone – [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: <https://uvisionuav.com/loitering-munitions/hero-120/Hero-120>.
3. Барражирующий боеприпас switchblade – [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bing.com/search?q=switchblade+600>.
4. Фото барражирующего боеприпаса дятел – [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bing.com/images/search?q=%d0%b1%d0%>.
5. Дрон Булава – [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: <https://news.liga.net/ua/politics/news/ziavylys-kharakterystyky-ukrainskohodrona-bulava-analoha-rosiiskoho-lantseta>.

Петро Стешенко, Сергій Богославець, Наталія Кібіткіна

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ВИВЧЕННЯ ДОСВІДУ РОЗВИТКУ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ (КОМПЛЕКСІВ) СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ ЗА 2022-2025 РОКИ

За 2022–2025 роки силами оборони України і вітчизняною промисловістю накопичено величезний досвід за напрямом безпілотних авіаційних систем (далі – БпАС), який необхідно узагальнювати і впроваджувати. Визначено основні напрями вивчення досвіду розвитку БпАС та шлях щодо впровадження очікуваних результатів.

Ключові слова: *безпілотна авіаційна система, досвід застосування, прогноз розвитку, середньострокова перспектива, перевага сил оборони.*

Вступ

Сучасний стан розвитку БпАС характеризується тим, що вони займають важливе місце у загальній системі озброєнь в Україні. Сфера використання БпАС, їх номенклатура і тактика бойового застосування постійно розширюються. Можна спостерігати застосування безпілотних літальних апаратів класу I (рівень застосування “міні”) із системою керування типу FPV (First Person View – вид від першої особи) для ураження особового складу та легкоброньованої техніки у зоні бойового зіткнення військ до ударних БпАС “Deep Strike” з дальністю дії у тисячі кілометрів для ураження стратегічних об’єктів паливно-енергетичного сектора, заводів, аеродромів та інших критично важливих цілей у глибині території противника [1].

Функціональні можливості БпАС також стрімко зростають – від виконання більш традиційних завдань (повітряної розвідки, коригування вогню артилерії, ураження особового складу, озброєння та військової техніки, фортифікаційних споруд) до перехоплення (випалення) ворожих повітряних засобів нападу, транспортування вантажів, створення хибної повітряної обстановки, евакуації поранених, дистанційного мінування території, радіоелектронної боротьби і радіоелектронної розвідки, ретрансляції радіозв’язку тощо [2].

Структурними підрозділами Міністерства оборони, Генерального штабу та командувань видів, військ (сил) Збройних Сил України здійснюються заходи щодо вивчення зазначеного вище досвіду розвитку БпАС сил оборони України за окремими напрямами і за певні періоди.

Разом з тим, постає потреба в системному підході до узагальнення на достатньому науково-технічному рівні величезного досвіду розвитку БпАС за різними напрямами і за весь період повномасштабної війни рф проти України у 2022–2025 роках. Проводити таку роботу приписує “Доктрина з вивчення та впровадження досвіду у Збройних Силах України”, затверджена

начальником Генерального штабу Збройних Сил України 30 червня 2020 року.

Тому фахівцями профільних науково-дослідних установ Міністерства оборони України розпочато проведення комплексного дослідження щодо вивчення досвіду розвитку БпАС військового призначення.

Метою цього дослідження є аналіз та узагальнення позитивних знань та досвіду розроблення та виробництва БпАС, оснащення ними підрозділів, бойового застосування та технічного експлуатування БпАС, виявлення проблемних питань і формування рекомендацій щодо їх усунення.

Основна частина

Дослідження з вивчення досвіду розвитку безпілотної авіаційної техніки виконується за напрямками аналізу нормативної бази у сфері військових БпАС, тактики бойового застосування, технічних показників, організаційних питань постачання, експлуатації та логістики.

Зокрема розглядаються як організаційні, так і технічні аспекти, а саме:
класифікація та термінологія;
керівні та нормативно-технічні документи;
кількість і номенклатура наявних БпАС;
статистика та ефективність застосування у бойових діях;
впровадження нових конструктивних рішень та штучного інтелекту.

З метою отримання для проведення дослідження необхідної інформації використовуються наведені нижче методи [3, с. 15].

Активне збирання даних здійснювалося методом проведення спостереження, співбесід, опитування, вивчення та збирання конкретних (часткових) даних, зокрема у ході виконання на командних пунктах угруповань військ обов'язків за напрямками застосування БпАС у період 2022–2025 років.

Опосередковане збирання даних здійснювалося шляхом отримання, вивчення та аналізування звітів, довідок, інформаційних матеріалів та інших документів відповідних структурних підрозділів та установ, що надавалися з певною періодичною у 2022–2025 роках за напрямом БпАС (інформаційні довідки, аналітичні звіти, довідники-каталоги тощо).

Під час дослідження виконується узагальнення позитивних знань та досвіду, а також – виявлення проблемних питань і формування рекомендацій щодо їх усунення [4, 5].

На підставі результатів описаного вище аналізу досвіду науковцями буде сформовано прогноз розвитку БпАС на коротко-, середньо- та довгострокову перспективу (на 3, 5 та понад 5 років відповідно).

Висновки

Прийнятий науковцями методичний підхід до вивчення досвіду надає можливість планувати відповідні заходи з розвитку БпАС з метою впровадження набутого досвіду у війська (сили) і вітчизняну промисловість

та створення переваги сил оборони України над противником у галузі безпілотної авіаційної техніки.

Список використаних джерел

1. Зброя російсько-української війни 2022–2023 років / Довідник-каталог. – К: Центр дослідж. воен. історії ЗС України, 2023. – 243 с.
2. Доктрина “Застосування безпілотних систем у силах оборони”, ОП 3-0 (46). Затв. ГК ЗС України від 01.01.2024. К: ГШ ЗСУ, 2023.– 59 с.
3. Доктрина “Вивчення та впровадження досвіду у Збройних Силах України”, ВКП 7-00(01).01. Затв. нач. ГШ ЗС України від 30.06.2020. К: ГШ ЗСУ, 2020.– 28 с.
4. Військовий стандарт ВСТ 20.39:1550.001:2025(01) Комплексна система загальних технічних вимог до озброєння та військової техніки. Безпілотні авіаційні системи (комплекси). Загальні технічні вимоги. – К: МОУ, 2025. – 61 с.
5. Військовий стандарт ВСТ 20.39:1550.002:2025(01) Комплексна система загальних технічних вимог до озброєння та військової техніки. Безпілотні авіаційні системи (комплекси) “Deep Strike”. Загальні технічні вимоги. – К: МОУ, 2025. – 55 с.

Сергій Сторожук, Олена Чечет, Андрій Корень

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

МОДЕРНІЗАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

У статті комплексно розглянуто сучасні авіаційні засоби ураження та особливості підтримання льотної придатності військової авіаційної техніки в умовах воєнного стану. Акцентовано увагу на розвитку високоточного озброєння, трансформації підходів до технічної експлуатації, цифровізації процесів діагностики та зміцненні логістичної стійкості авіаційних підрозділів. Обґрунтовано взаємозалежність модернізації озброєння і технічної готовності авіаційних платформ у контексті сучасного характеру збройної боротьби.

Ключові слова: авіаційні засоби ураження; військова авіація; льотна придатність; технічне забезпечення; воєнний стан; високоточне озброєння; цифрова діагностика.

Вступ

Сучасний характер воєнних конфліктів демонструє суттєве зростання ролі повітряного компонента та вплив новітніх авіаційних технологій на результативність бойових дій. Авіація дедалі більше інтегрується у багатодоменні операції, поєднуючи розвідувальні, ударні, інформаційні та логістичні функції в єдиному інформаційно-вогневому контурі. Швидка еволюція викликів – від високоточної ракетної зброї до масованого застосування ударних БпАК – вимагає одночасного вдосконалення двох взаємопов'язаних напрямів: модернізації авіаційних засобів ураження (АЗУ) та забезпечення льотної придатності військової авіаційної техніки. У сучасних умовах саме здатність авіаційної системи поєднувати високоточне озброєння з технічно справним авіапарком визначає ефективність повітряних операцій [1].

Постановка проблеми. Бойові дії останніх років засвідчили, що традиційні підходи до застосування АЗУ та експлуатації авіаційної техніки не відповідають високій динаміці сучасного бою. Зростання дальності та точності озброєння супроводжується зростанням вимог до носіїв, їх апаратного та програмного забезпечення. Одночасно інтенсивні цикли вильотів, необхідність застосування озброєння у складних метеоумовах, надмірне навантаження на силові установки та авіоніку спричиняють прискорене зношування агрегатів. Постійні загрози інфраструктурі базування, застосування противником високоточної зброї та радіоелектронних засобів додатково ускладнюють підтримання технічної готовності. У таких умовах постає потреба у якісно нових підходах до синхронізації модернізації АЗУ та технічних рішень щодо експлуатації авіаційної техніки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання модернізації авіаційних засобів ураження та вдосконалення експлуатації авіаційної техніки висвітлені у працях вітчизняних дослідників В. Голуба, А. Павленка, О. Череднікова та В. Чуприни [1], які акцентують увагу на надійності та методах оцінювання технічного стану авіаційних платформ. Дослідження Л. Лутай [2] зосереджені на прогнозуванні деградації компонентів і застосуванні сучасних моделей технічного обслуговування. У міжнародних публікаціях Р. Хелліон та Дж. Стілліон аналізують розвиток високоточного озброєння та авіоніки як ключових елементів повітряних операцій. Водночас питання інтеграції модернізованих АЗУ з системами забезпечення льотної придатності в умовах воєнного стану все ще потребує комплексного наукового опрацювання.

Мета дослідження. Науково обґрунтувати сучасні тенденції розвитку авіаційних засобів ураження та визначити умови, механізми й технологічні підходи, необхідні для забезпечення та підтримання льотної придатності військової авіаційної техніки в умовах воєнного стану.

Основна частина

Сучасні авіаційні засоби ураження активно розвиваються у напрямі підвищення точності, дальності, автономності та стійкості до радіоелектронних перешкод. Однією з ключових тенденцій є широке застосування багаторежимних головок самонаведення, що поєднують інерціальні, супутникові, лазерні, оптико-електронні та радіолокаційні канали, забезпечуючи гарантоване ураження добре захищених цілей. Розвиток алгоритмів обробки сигналів підвищує точність наведення в умовах активного впливу засобів РЕБ, коли традиційні канали корекції можуть бути частково або повністю недоступними. Плануючі боєприпаси з модульними системами корекції та оптимізованою аеродинамікою дозволяють завдавати удари поза зонами дії ППО, істотно підвищуючи живучість літальних апаратів [1]. Додатково зростає роль адаптивних систем наведення, здатних коригувати траєкторію у реальному часі залежно від оперативної обстановки. Одним із найдинамічніших напрямів є дронізація АЗУ, що включає розвиток ударних БпАК, баражуючих боєприпасів та дистанційно керованих платформ із елементами штучного інтелекту.

Модернізація авіаційних засобів ураження неможлива без оновлення авіоніки та інформаційно-обчислювальних систем літальних апаратів. Сучасні боєприпаси потребують високошвидкісних і захищених каналів обміну даними, що інтегрують носій і засіб ураження в єдиний інформаційно-вогневий контур. У цьому контексті ключовими факторами є вдосконалення цифрових інтерфейсів, модернізація сенсорних модулів і прицільно-навігаційних комплексів, а також оновлення програмного забезпечення систем керування озброєнням для впровадження нових алгоритмів наведення. У ряді випадків модернізація потребує посилення конструкційних вузлів для застосування боєприпасів більшої маси чи зі

зміненіми аеродинамічними характеристиками. Таким чином, оновлення авіоніки виступає базовою умовою інтеграції високотехнологічних АЗУ та визначає системний характер технічних трансформацій у військовій авіації.

Підтримання льотної придатності авіаційної техніки в умовах воєнного стану є одним із ключових чинників забезпечення стабільної бойової здатності авіаційних підрозділів. Інтенсивність польотів, маневреність базування та експлуатація в умовах екстремальних температур або підвищеного пилового навантаження зумовлюють швидке зношування силових установок, гідравлічних систем та бортового обладнання. У таких умовах традиційні регламентні підходи поступаються моделям технічного обслуговування за станом, що ґрунтуються на даних сенсорних систем, автоматизованих комплексів збору параметрів і прогнозних моделей аналізу [2]. Розгортання цифрових систем моніторингу забезпечує раннє виявлення відхилень і оптимальне планування ремонтів, що знижує аварійність і скорочує тривалість простоїв.

Важливою складовою є логістична стійкість, що передбачає використання мобільних ремонтних модулів, захищених майданчиків, розосереджених складів та автоматизованих систем управління запасами. Оптимізація ланцюгів постачання та стандартизація технічних процедур підвищують ефективність інженерно-авіаційних підрозділів і забезпечують безперервність виконання бойових завдань навіть за умов руйнування стаціонарної інфраструктури.

Висновок

Узагальнюючи зазначене, розвиток сучасних авіаційних засобів ураження та підтримання льотної придатності військової авіаційної техніки є двома взаємопов'язаними і взаємозалежними процесами, які визначають бойову ефективність авіації в умовах сучасних воєнних конфліктів. Модернізація озброєння неможлива без відповідної модернізації авіоніки, бортових систем та методів технічної експлуатації, а стале технічне забезпечення авіаційних підрозділів створює умови для повноцінної реалізації потенціалу високоточного озброєння. Комплексне поєднання цих напрямів підсилює обороноздатність держави та забезпечує можливість ефективного застосування авіації в умовах воєнного стану.

Список використаних джерел

1. Голуб В. М., Павленко А. Г., Чередніков О. М., Чуприна В. М. Аналіз методичних підходів до оцінювання надійності авіаційної техніки державної авіації за експлуатаційними даними. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2019. Вип. 2. С. 53-61.
2. Лутай Л. М. Компонентні моделі оцінювання деградації для відновлення авіаційної техніки під час її технічного обслуговування. Автоматизовані системи управління та прилади автоматики, 1(183), 2024. С. 14-35. <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2024.183.014>

Роман Туренко, Дмитро Голубков, Сергій Приходько

Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал”, Київ

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАВІГАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ ОРІЄНТАЦІЇ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ

У роботі представлені декілька варіантів рішення проблем щодо оновлення застарілих систем просторової орієнтації літальних апаратів. Розглянуті новітні вітчизняні системи інерціальної навігації, представлені їх технічні характеристики і перспективи впровадження. Розглянуті результати досліджень дослідного зразка навігаційної системи, випробування у складі літака, впроваджені алгоритми.

Ключові слова: БІНС, ІКВ, літальний апарат.

Вступ

Застосування тактичної авіації є невід’ємною частиною боротьби проти російських загарбників. Один літак може виконувати десятки вильотів у день на бойові завдання, що у сукупності відповідає сотням годин ресурсу обладнання. Через відсутність в Україні спроможностей щодо виготовлення унікального авіаційного обладнання, основним джерелом його ремонту є т.з. технічний «канібалізм», тобто ремонт обладнання шляхом використання робочих вузлів з неробочого обладнання. Такі ремонти поки дозволяють вирішувати проблеми з відмовами, але складності з наявністю складного обладнання – наприклад, інерціальних курсовертикалей – вже відчуваються. Тому завдання створення вітчизняних аналогів інерціальних систем наразі набуло неймовірної актуальності.

Основним джерелом даних про орієнтацію літального апарата (ЛА) є інерціальна курсовертикаль (ІКВ). Це технічно складна інерціальна система на базі механічних гіроскопів та акселерометрів, встановлених на рухомій платформі. Висока якість та надійність ІКВ дозволяла неодноразово продовжувати їх ресурс, але старіння елементної бази та відсутність нових датчиків змусило шукати альтернативні рішення.

На сьогоднішній день задачу щодо створення вітчизняних систем інерціальної навігації покладено на ДП СПБ «Арсенал», як провідне підприємство України з виготовлення інерціальних приладів та систем.

Мета. Модернізація інерціальних систем парку тактичної авіації України та заміна штатних ІКВ радянського виробництва сучасними інерціальними навігаційними засобами є пріоритетним завданням з метою підтримання бойових можливостей та справності літаків.

Основна частина

Питання щодо системи орієнтації та навігації ЛА виникло не сьогодні, задачу щодо створення вітчизняної системи інерціальної навігації з тактико-технічними характеристиками аналогічними закордонним аналогам було

поставлено наказом Міністра оборони ще у 2015 р. Підприємством ДП СПБ «Арсенал» була відкрита дослідно-конструкторська робота «Створення універсальної інтегрованої безплатформеної інерціальної навігаційної системи», Державним науково-дослідним інститутом авіації та Центральним науково-дослідним інститутом озброєння та військової техніки Збройних Сил України було розроблено технічне завдання до системи. Головним викликом для розробників було виконання вимог щодо універсальності системи, забезпечення відповідності габаритам і вазі аналогам та вимогам її високої точності [1].

Основні вимоги щодо похибок визначення навігаційних параметрів (2σ) у автономному (інерціальному) режимі роботи системи:

- координати місцезнаходження за 1 год польоту: $\pm 1,85$ км;
- складові шляхової швидкості: $\pm 1,3$ м/с;
- кути крену та тангажу: $\pm 0,1^\circ$;
- істинний курс $\pm(0,1^\circ + 0,05^\circ \cdot t)$, де t , год – час автономного напрацювання.

Щоб забезпечити виконання вимог точності при складних умовах експлуатації конструктора ДП СПБ «Арсенал» визначили що основними датчиками такої системи повинні бути високоточний лазерний гіроскоп з периметром оптичного контуру 28 см та навігаційний акселерометр власного виробництва. Розрахунки показали, що «метрологія» цих датчиків та застосування сучасних алгоритмів дозволить вирішити поставлену задачу.

У 2017 р. робоча конструкторська документація на першу в Україні вітчизняну авіаційну навігаційну систему була створена, почалась робота щодо виготовлення першого дослідного зразка БІНС-А. Окремо необхідно наголосити, що усі роботи по ДКР відбувались за власні кошти підприємства, фінансування з боку Міністерства оборони не було. Відповідно і виготовлення зразка через брак коштів відбувалось з затримками. Зразок був виготовлений у 2019 р. і почались роботи з його відпрацювання. В ході автономних випробувань було виявлено проблеми з точністю при вібрації та значний внутрішній саморозігрів зразка, що потребувало внесення змін до конструкції. На попередні випробування зразок був готовий на початку 2022 р. Не зважаючи на початок вторгнення окупантів випробування БІНС-А не зупинялись, але проблему з точністю при вібрації тоді вирішити не вдалось. Попередні випробування були призупинені. Конструктори продовжили пошук причин появи вібраційних похибок. Як вдалося встановити потім, причиною була недостатньо жорстка конструкція віброприводу лазерного гіроскопу та поява додаткової складової «конічної» кутової швидкості [2].

У 2024 р. зразок БІНС-А пройшов попередні випробування, пройшов відпрацювання у складі стендового обладнання ДП «МіГремонт», відпрацювання у складі літака СУ-27УБ і зараз представлений на льотні випробування.

При відпрацюванні у складі стендового обладнання та на борту літака були отримані гарні результати (рис. 1) щодо визначення параметрів

орієнтації як на стаціонарній основі, так і в умовах дії збурюючих факторів (роботи двигунів, вітрові коливання, інше [3, 4]).

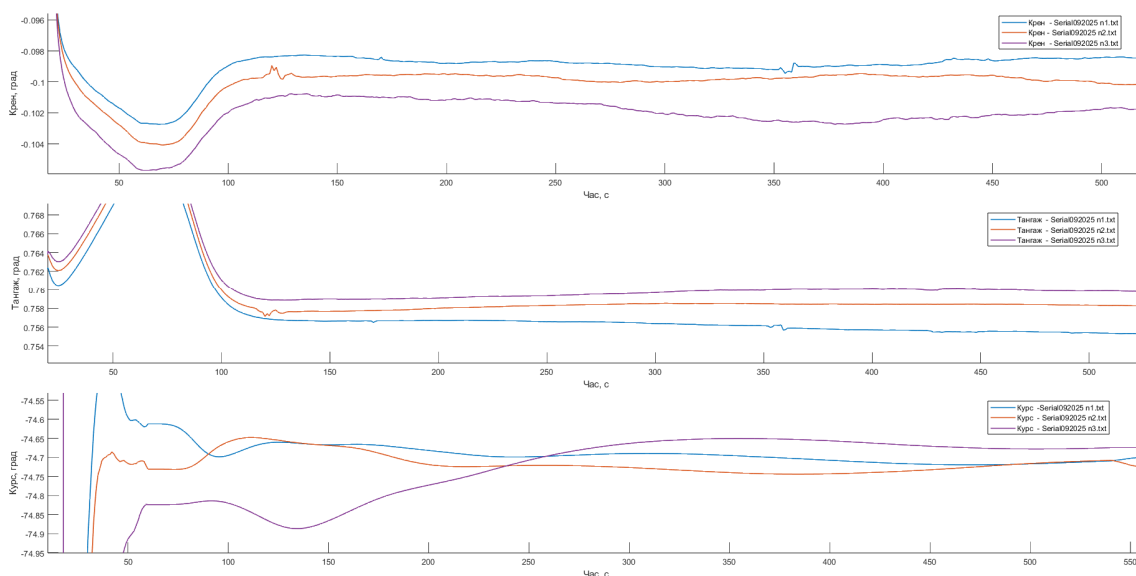


Рис. 1. Визначення параметрів орієнтації у складі літака СУ-27УБ

Окрім автономного режиму роботи, у БІНС-А реалізований комплексований режим роботи з корекцією по сигналам GPS. Це забезпечує можливість уточнення навігаційних параметрів під час польоту ЛА за умови наявності сигналів. БІНС-А за своїми характеристиками не поступається провідним закордонним аналогам, таким як Sigma 95, компанії Safran.

Ще одним пріоритетним завданням для ДП СПБ «Арсенал» у 2025 р. стало участь у оснащенні літаків СУ-27 і МиГ-29 сучасними інерціальними курсовертикалями. Було відкрито ДКР «Створення безплатформеної інерціальної курсовертикалі БКВ-А». На даний момент створена робоча конструкторська документація БКВ-А, виконується виготовлення дослідного зразка для попередніх випробувань.

Основні вимоги щодо похибок визначення навігаційних параметрів (2σ):

- курс: $0,5^\circ + 0,05 \times t$ (в режимі нормальної підготовки),

$0,9^\circ + 0,05 \times t$ (в режимі прискореної підготовки),

де t – час автономної роботи БКВ-А в годинах;

- кути крену та тангажу: $\pm 0,15^\circ$;

- прискорення: при $a_{\xi} \leq |2| g - 1\%$, при $|2| < a_{\xi} \leq |15| g - 3\%$.

Орієнтовний строк виготовлення та проведення попередніх випробувань початок 2026 р. Роботи також виконуються за власний рахунок ДП СПБ «Арсенал».

Ще одним перспективним напрямком робіт підприємства щодо авіаційної техніки є завдання векторного узгодження навігаційної системи літака та бортової навігаційної системи його ракетного озброєння. Метод векторного узгодження дозволяє завдяки використанню спеціалізованого обчислювача з відповідними алгоритмами суттєво покращити точність визначення кутової орієнтації ракетного озброєння, а відповідно і покращити

точність виконання місії. Нараді виконується експериментальне підтвердження якості застосування алгоритмів з використанням зразків навігаційних приладів в умовах рухомої лабораторії.

Висновки

Виклики сьогодення потребують миттєвої реакції, це стосується і створення систем інерціальної навігації. Досвід ДП СПБ «Арсенал» показує, що навіть дуже складне завдання, за умови наявності форс-мажорних факторів, можна виконати з наявними інтелектуальними та виробничими можливостями. Створення вітчизняної безплатформеної інерціальної навігаційної системи на базі вітчизняних датчиків, з високими технічними характеристиками та без вливання значних коштів у розробку без сумніву є суттєвим надбанням для Міністерства оборони. Це дозволяє з оптимізмом дивитися у майбутнє і сподіватись на швидке вирішення і інших поставлених перед підприємством задач. Отримані переваги щодо наявності власної розробки дозволяють проводити подальші оновлення та модернізацію існуючого парку тактичної авіації.

Список використаних джерел

1. Titterton, D. H., Weston, J. L. Strapdown Inertial Navigation Technology. 2nd ed. London: The Institution of Engineering and Technology, 2004.
2. Savage, P. G. Blazing Gyros: The Evolution of Strapdown Inertial Navigation Technology for Aircraft. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 36(3), 637–655, 2013.
3. Atashgah, M. A., Mohammadkarimi, H., Ebrahimi, M. A Fast Strapdown Gyrocompassing Algorithm Based on INS Differential Errors. *Scientific Reports*, 13(1), 15297, 2023.
4. Gao, Q., Cai, B. An Improved Heave Compensation Algorithm for Strapdown INS in Marine Operations. *Applied Sciences*, 15(17), 9418, 2023.

Володимир Тягур, Микола Лихоліт

Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал”, Київ

МОДЕРНІЗАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ Р-73 ТА Р-27Т

У роботі представлено результати модернізації авіаційних ракет Р-73 та Р-27Т шляхом заміни штатних головок самонаведення на нові вітчизняні розробки МК-2200 та 46Т. Проведено порівняльний аналіз тактико-технічних характеристик, який демонструє суттєве підвищення чутливості, швидкодії та завадозахищеності виробів. Модернізація підвищує бойову ефективність авіації.

Ключові слова: авіаційна ракета, головка самонаведення, модернізація, Р-73, Р-27Т, інфрачервоний спектр, чутливість.

Вступ

Постановка проблеми. Підтримання боєготовності та підвищення ефективності парку авіаційної техніки України вимагає модернізації наявних засобів ураження. Штатні ракети Р-73 та Р-27Т оснащені застарілими головками самонаведення (ГСН), які не відповідають сучасним вимогам щодо завадозахисту та чутливості.

Мета роботи – аналіз ефективності модернізації ракет Р-73 та Р-27Т шляхом встановлення нових ГСН розробки ДП СПБ «Арсенал».

Основна частина

Модернізація ракети Р-73 проводиться шляхом заміни ГСН МК-80 на ГСН МК-2200.

Модернізація ракети Р-27Т передбачає заміну ГСН 36Т на ГСН 46Т. Порівняльні характеристики наведено в таблиці 1.

Аналіз характеристик показує наступні переваги нових виробів:

1. Порогова опроміненість для ГСН МК-2200 знижена до $6 \cdot 10^{-11}$ Вт/см², а для ГСН 46Т – до $4,5 \cdot 10^{-11}$ Вт/см². Це дозволяє виявляти цілі зі зменшеним тепловим контрастом на більших дистанціях.
2. Максимальна кутова швидкість автосупроводу для ракети Р-27Т зросла з 15°/с до 60°/с, що забезпечує надійне ураження високоманеврених цілей.
3. Час підготовки до роботи скорочено до 0,5 хв, що критично важливо в умовах сучасного повітряного бою. Крім того, збільшення кількості спектральних каналів дозволяє реалізувати ефективні алгоритми селекції хибних теплових цілей по спектральному признаку.

Висновки

Заміна застарілих ГСН на сучасні вироби МК-2200 та 46Т дозволяє трансформувати ракети Р-73 та Р-27Т у високоефективну зброю. Покращені

параметри чутливості та швидкодії значно посилять потенціал авіації Повітряних Сил ЗСУ.

Таблиця 1 — Порівняльні характеристики ГСН

Характеристики	ГСН МК-80	ГСН МК-2200	ГСН 36Т	ГСН 46Т
Виробник	ПО «Завод «Арсенал»	ДП СПБ «Арсенал»	м. Азов, росія	ДП СПБ «Арсенал»
Для ракети	Р-73	Р-73М	Р-27Т	Р-27Т, Р-27ЕТ
Порогова опроміненість для захвату цілі (Вт/см²)	20×10⁻¹¹	6×10⁻¹¹	9,4×10⁻¹¹	4,5×10⁻¹¹
Максимальне поле автосупроводу	±75°	±75°	±60°	±70°
Максимальна кутова швидкість автосупроводу	60°/с	60°/с	15°/с	60°/с
Максимальний кут цілевказання	±45°	±60°	±45°	±60°
Точність відпрацювання цілевказання, град	1°	0,7°	1°	0,7°
Миттєве поле зору 2ω	3,7°	2,5°×2,5°	2°	2,5°×2,5°
Кількість спектральних каналів (високої чутливості)	1	2 (2)	2 (1)	2 (2)
Час готовності до роботи в нормальних умовах, мін	≤2	≤0,5	≤10	≤0,5
Час роботи під носієм (від зовнішнього балону V=7,3 л), мін	70	≥70	180	≥180
Час автономної роботи, с	20	25	20	30
Конструктивні параметри:				
Діаметр (мм);	170	170	200	200
Довжина (мм);	301	320,4	888	888
Маса (кг)	5,8	5,9	24,5±1	23,6

Олег Чередніков

Державний науково-дослідний інститут випробування та сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси

ОСОБЛИВОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОНІВ ВАЖКОПОРАНЕНИХ ЩО НЕ МОЖУТЬ САМОСТІЙНО ПЕРЕСУВАТИСЬ З ПОЛЮ БОЮ

Запропоновано підхід до виявлення важкопоранених на полі бою застосуванням дронів із наземних дистанційно керованих комплексів. Наголошено на актуальності інтеграції повітряних і роботизованих платформ для оперативного пошуку й евакуації постраждалих без ризику для особового складу. Технологія застосування дронів та наземних роботизованих комплексів дозволяє здійснювати скритну транспортну евакуацію поранених з лінії зіткнення в умовах активних бойових дій.

Ключові слова: *пошук постраждалих, евакуації поранених, дрони, наземні роботизовані комплекси, тактична медицина*

Вступ

Постановка проблеми. Зростання інтенсивності бойових дій вимагає нових підходів до своєчасного виявлення постраждалих та їх безпечної евакуації без залучення особового складу. Взаємодія безекіпажних автоматизованих засобів у повітрі та на землі є важливим напрямом розвитку сучасних роботизованих систем, що застосовуються для надання тактичної екстреної медичної допомоги в бойових та гуманітарних умовах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Чинні в Україні протоколи надання екстреної медичної допомоги (ЕМД) не повністю відповідають потребам, що виникають під час атипових та надзвичайних ситуацій. На даний момент застосовуються міжнародні рекомендації ТЕСС (Tactical Emergency Casualty Care) та спеціалізовані навчальні програми [1, 3].

Посібники з тактичної медицини описують базові алгоритми дій для немедичних фахівців, які зобов'язані надавати екстрену домедичну допомогу в умовах загрози життю [2]. Одним із важливих принципів є уникнення додаткових втрат серед персоналу, що часто унеможлиблює евакуацію пораненого під активним вогнем противника.

Один з аспектів надання допомоги постраждалим в тактичних бойових умовах є запобігання появі нових постраждалих. Переміщення постраждалого здійснюється відповідно до плану порятунку з повним дотриманням вищезазначеного принципу.

Мета. Обґрунтувати застосування повітряних та наземних роботизованих систем для виявлення та евакуації важкопоранених із зони безпосереднього ураження з мінімізацією ризику для особового складу.

Основна частина

Оперативне виявлення поранених та їх евакуація з-під вогню є важливими етапами надання медичної допомоги. У реальних умовах бойових дій підрозділи часто не мають змоги відправити евакуаційну групу через надмірну загрозу для військовослужбовців.

Застосування дронів забезпечує:

- скритний огляд місцевості;
- швидке виявлення непритомних чи важкопоранених;
- передачу координат наземному роботизованому комплексу (НРК);
- початок евакуації без участі людини в зоні високого ризику.

У відомих випадках бойових дій військове командування не має можливості направити евакуаційну групу, аби уникнути додаткових втрат. Наявність автономної чи дистанційно-керованої платформи дає шанс врятувати пораненого без ризику для інших військових.

Отже, існує об'єктивна потреба у розробці спеціалізованих дрон-асистованих систем евакуації, які здатні частково чи повністю замінити діючі евакуаційні комплекси, або принаймні суттєво полегшити роботу тактичних медиків на найнебезпечніших ділянках бою.

Перспективні платформи можуть мати універсальну конструкцію: малогабаритну, мобільну, придатну для транспортування бійця, що не здатен пересуватися самотійно, в умовах обмеженого часу чи щільного вогневого ураження.

Висновки

Розглянуто особливості застосування дронів та наземних роботизованих комплексів для виявлення та евакуації важкопоранених у бойових умовах. Сформовано концептуальні підходи до створення платформи, що дозволяє здійснювати скритну евакуацію без участі особового складу в зоні високого ризику.

Подальші дослідження можуть стосуватися оптимізації сенсорних систем, систем автономного ухвалення рішень та алгоритмів ситуаційної обізнаності.

Список використаних джерел

1. Callaway DW, Smith ER, Cain J, McKay SD, Shapiro G, Mabry RL. The Committee for Tactical Emergency Casualty Care (CTECC): Evolution and application of TCCC Guidelines to civilian high threat medicine. *J Special Operations Medicine* 2011; 11(2): 84-89 p.
2. Домедична допомога в умовах надзвичайних ситуацій: практичний посібник / Волянський П.Б., Гур'єв С.О., Долгий М.Л., та ін.: ФОП Панов А. М., 2016. - 136 с.
3. Тітов І.І., Голуб В.В., Колосовський С.О., Вихло І.І. Основи тактичної медицини. Вінниця: СПД Каштелянов О.І., 2015. – 64 с.

**Сергій Чумаченко, Володимир Перескоков, Вячеслав Улізько,
Дмитро Камішев**

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ СТАНДАРТНОЇ ОПЕРАЦІЙНОЇ ПРОЦЕДУРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ РОЗЛИВУ ГІДРАЗИНУ ПІСЛЯ АВАРІЙНОЇ ПОСАДКИ ЛІТАКА F-16

У доповіді розглядається проблематика забезпечення безпеки наземного персоналу та екіпажу при аварійній посадці літака F-16, обладнаного аварійною силовою установкою (EPU) на гідразині (H-70). Проаналізовано фізико-хімічні властивості гідразину та ризики, пов'язані з його витоком. Запропоновано системний підхід до створення Стандартної Операційної Процедури (СОП), що включає алгоритми ідентифікації загрози, зонування території, вибір засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та методи нейтралізації.

Ключові слова: F-16, гідразин, EPU, аварійна посадка, воєнно-техногенна безпека, стандартна операційна процедура.

Вступ

Експлуатація багатоцільових винищувачів F-16 пов'язана з унікальними воєнно-техногенними ризиками, одним з яких є використання високотоксичного палива для аварійної силової установки Emergency Power Unit (EPU). У разі відмови двигуна або гідравлічної системи, EPU автоматично активується, використовуючи каталітичний розклад гідразину для генерації енергії.

При аварійній посадці існує висока ймовірність пошкодження баків з гідразином або залишкова присутність активної речовини в системі. Відсутність чіткої, науково обґрунтованої стандартної операційної процедури (СОП) може призвести до фатальних наслідків для аварійно-рятувальних команд (ARFF) та екологічного забруднення довкілля.

Постановка проблеми. Сучасна трансформація парку тактичної авіації та інтеграція багатоцільових винищувачів F-16 Fighting Falcon у нові експлуатаційні умови вимагає докорінного перегляду підходів до наземної безпеки. Ключовою конструктивною особливістю даного типу повітряного судна є наявність аварійної системи живлення (Emergency Power Unit — EPU), що використовує як робоче тіло монотопливо H-70 (суміш 70% гідразину N_2H_4 та 30% води). Ця система є критично важливою для виживання літака в повітрі, проте створює загрозу найвищого рівня небезпеки (IDLH — Immediately Dangerous to Life or Health) для персоналу на землі після аварійної посадки.

Проблема полягає у фундаментальному протиріччі, що виникає під час ліквідації наслідків авіаційної події за участю F-16.

Часовий фактор та пріоритет рятування. Аварійна посадка часто супроводжується пожежею, руйнуванням конструкції або травмуванням пілота. Стандартні протоколи аварійно-рятувальних служб (ARFF) вимагають негайного наближення до літака для евакуації екіпажу та гасіння вогню ("правило золотих хвилин").

Хімічна загроза. Наявність активного або розлитого гідразину вимагає діаметрально протилежного підходу — зупинки на безпечній відстані, проведення хімічної розвідки, одягання костюмів повного захисту та організації зон деконтамінації, що займає критичний час [1, 2].

Існуючі нормативні документи та загальні інструкції з пожежогасіння часто розглядають хімічну загрозу відокремлено від динаміки авіаційної аварії. Недостатня обізнаність наземних служб щодо візуальних та аудіальних ознак роботи ЕРУ, а також відсутність чітко алгоритмізованої Стандартної Операційної Процедури (СОП), адаптованої під стресові умови, створює високі ризики:

- масового отруєння особового складу через інгаляційний або транскутанний вплив гідразину (навіть через стандартний одяг пожежника);
- помилкової ідентифікації рідини (гідразин прозорий, як вода) з подальшим рознесенням токсиканту "чистою" зоною;
- екологічного забруднення території аеродрому через некоректні методи змиву/нейтралізації.

Таким чином, актуальним науково-практичним завданням є розробка системного підходу до створення СОП, який би інтегрував технічні аспекти функціонування ЕРУ, токсикологічні властивості гідразину та тактику дій аварійних підрозділів у єдиний, безаварійний алгоритм дій. Необхідно вирішити задачу оптимізації: як забезпечити максимальну швидкість евакуації пілота за умови мінімізації ризику хімічного ураження рятувальної групи.

Основна частина

Аналіз небезпеки. Паливна суміш Н-70 складається з 70% гідразину та 30% води. Це безбарвна рідина з запахом, схожим на аміак, але поріг сприйняття запаху людиною значно вищий за гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Основні загрози:

Токсичність: уражає центральну нервову систему, печінку та нирки. Є доведеним канцерогеном.

Корозійна активність: руйнує живі тканини та конструкційні матеріали при контакті.

Пожежонебезпека: хоча Н-70 менш вибухонебезпечний, ніж чистий безводний гідразин, він є легкозаймистим.

Методологія системного підходу. Системний підхід до розробки СОП передбачає розгляд ситуації "аварійна посадка – витік" як взаємодію чотирьох елементів: **Людина — Техніка — Середовище — Процедура.**

1. Етап ідентифікації (*Техніка*)

Критичним елементом є визначення, чи спрацювала EPU.

Візуальні ознаки: Наявність диму/пари з вихлопного отвору EPU (розташований праворуч від носової стійки шасі).

Індикатори: Спеціальні індикатори "fired" на панелі обслуговування.

Аудіальні ознаки: Характерний звук роботи турбіни EPU (якщо вона ще активна).

2. Етап зонування (Середовище)

СОП повинна чітко регламентувати створення зон безпеки з урахуванням напрямку вітру:

1. Гаряча зона (Hot Zone): Радіус не менше 100 метрів навколо літака (або за вітром). Доступ дозволено лише у спеціальних костюмах хімічного захисту.

2. Тепла зона (Warm Zone): Зона деконтамінації (санітарної обробки). Тут розташовується пункт змиву та нейтралізації.

3. Холодна зона (Cold Zone): Командний пункт, медики, резервні сили.

4. Розробка алгоритму СОП

На основі системного аналізу пропонується наступна структура процедури ліквідації:

Фаза I: Оцінка та ізоляція

1. Підхід до літака здійснювати виключно з навітряного боку (upwind).

2. Встановлення факту активації EPU.

3. Негайна евакуація пілота (якщо він не катапультивався) з використанням автономних дихальних апаратів (SCBA) для рятувальників. Пілот вважається потенційно забрудненим.

Фаза II: Захист персоналу (ЗІЗ)

Для роботи в "Гарячій зоні" при підтвердженому витoku гідрозину необхідний Рівень захисту А (герметичний костюм з замкненим циклом дихання). Для допоміжного персоналу в "Теплій зоні" — мінімум Рівень В.

Фаза III: Локалізація та нейтралізація

Локалізація: Використання сорбуючих бонів для запобігання потраплянню гідрозину в ґрунт або каналізацію.

Нейтралізація:

Для розбавлення концентрації використовується вода у співвідношенні не менше 100:1.

Застосування окислювачів (наприклад, гіпохлориту кальцію) повинно бути суворо регламентоване, оскільки реакція може бути екзотермічною і бурхливою.

Фаза IV: Деконтамінація

Обробка персоналу та евакуйованого пілота повинна включати змив великою кількістю води та перевірку залишкових парів газоаналізаторами.

Висновки

Розробка СОП для ліквідації розливу гідразину на F-16 не може бути копією стандартних пожежних процедур. Специфіка N_2H_4 вимагає інтеграції хімічної розвідки в алгоритм дій аварійно-рятувальних служб аеродрому.

Системний підхід дозволяє мінімізувати вплив людського фактору в стресових умовах та забезпечити збереження життя особового складу.

Список використаних джерел

1. Material Safety Data Sheet Hydrazine, Version 4.4. Url: [https// sigmaaldrich.com](https://sigmaaldrich.com)
2. Compendium of chemical hazards: Hydrazine. UK Health Security Agency. 2025. PP. 24

**Сергій Чумаченко, Олексій Самойленко, Юрій Невзгляденко,
Олександр Маракулін**

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИТУАЦІЙНОМУ ЦЕНТРІ СУПРОВОДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ РОЗВИТКУ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

У доповіді вирішується актуальна науково-практична задача підвищення ефективності стратегічного та тактичного управління ресурсами державної авіації (ДА) в умовах динамічних загроз та обмеженості фінансування. Запропоновано концептуальну модель Ситуаційного центру (СЦ) та розроблено ієрархічну систему алгоритмів підтримки прийняття рішень (АППР), що охоплює всі рівні управління. На стратегічному рівні формалізовано моделі для обґрунтування інвестиційних рішень для програм модернізації та багатокритеріальна оптимізація структури парку за критеріями "витрати-ефективність-ризик".

Ключові слова: *державна авіація, ситуаційний центр, алгоритми підтримки прийняття рішень, коефіцієнт технічної готовності, прогнозування залишкового ресурсу, технічне обслуговування за станом, багатокритеріальна оптимізація, нейронні мережі, економічна ефективність.*

Вступ

Розвиток державної авіації (ДА), що охоплює авіацію військових формувань, правоохоронних органів та спеціальних служб, є критично важливим чинником забезпечення національної безпеки та оборони. Проте, управління цією складною, ресурсоємною та стратегічною галуззю відбувається в умовах безпрецедентних викликів:

1. Динамічні геополітичні загрози: необхідність швидкого реагування на зміну оперативної обстановки вимагає постійної високої боєготовності та переоснащення парку, що прямо залежить від ефективності управлінських рішень.

2. Обмеженість фінансових та матеріальних ресурсів: стратегічні рішення щодо закупівлі, модернізації та списання авіаційної техніки, а також розподілу ресурсів на технічне обслуговування та ремонт (ТОiP), повинні бути економічно обґрунтованими та максимально оптимізованими для забезпечення найбільшого ефекту.

3. Висока складність об'єкта управління: державна авіація є людино-машинною системою, яка інтегрує сотні складних технічних одиниць, великі масиви даних про наліт, відмови, ресурс, а також потребує обліку людського фактора (підготовки льотного та інженерного складу).

4. Інформаційний обсяг: традиційні методи збору, обробки та аналізу інформації, що ґрунтуються на звітній документації, є інертними та

не дозволяють керівництву приймати своєчасні, науково обґрунтовані рішення для супроводження довгострокової Концепції розвитку ДА.

Створення Ситуаційного центру (СЦ), який агрегує інформацію та надає прогностично-аналітичні інструменти, є необхідною умовою для переходу до проактивного, ризико-орієнтованого управління.

Постановка проблеми. Розробка надійних та верифікованих алгоритмів підтримки прийняття рішень (АППР) для такого СЦ є актуальною науково-практичною задачею, спрямованою на підвищення ефективності використання авіаційних ресурсів та зниження ризиків.

Проведення структурно-функціонального аналізу процесу управління державною авіацією (ДА) дозволяє чітко визначити рівні управління, їхні ключові функції, критичні точки прийняття рішень (КТПР) та необхідні для їхнього супроводження інформаційні потоки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Огляд літератури підкреслює, що для реалізації алгоритмів підтримки прийняття рішень у ситуаційному центрі авіаційного розвитку потрібна інтеграція формалізації знань, мультимодальної аналітики, мультікритеріальних методів ранжування та врахування людського фактора [1-5].

Мета. Метою даного дослідження є наукове обґрунтування та розробка ієрархічної системи алгоритмів підтримки прийняття рішень (АППР), інтегрованих у СЦ, для ефективного супроводження та корекції Концепції розвитку ДА на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях.

Основна частина

Проведення структурно-функціонального аналізу процесу управління державною авіацією (ДА) дозволяє чітко визначити рівні управління, їхні ключові функції, критичні точки прийняття рішень (КТПР) та необхідні для їхнього супроводження інформаційні потоки.

Управління ДА є ієрархічним процесом, який можна розділити на три основні рівні, що відповідають стратегічному горизонту планування (табл.1).

Функціональний аналіз фокусується на основних процесах, які забезпечують життєвий цикл авіаційної техніки (АТ) та виконання місій.

Ефективна підтримка рішень у СЦ вимагає інтеграції різномірних інформаційних потоків.

АППР повинні перетворювати ці необроблені потоки даних на **конкретні рекомендації або прогностичні оцінки** в кожній КТПР:

• **На стратегічному рівні:** АППР перетворюють економічні та нормативні дані на **ранжовані варіанти** розвитку.

• **На тактичному рівні:** АППР використовують технологічні та оперативні дані для формування **оптимального графіку ремонту та розподілу** логістичних запасів.

• **На оперативному рівні:** АППР аналізують дані бортових систем у режимі, близькому до реального часу, для надання рекомендацій щодо **допуску ПС або реакції на відмову**.

Рівні управління державною авіацією

Рівень управління	Суб'єкт прийняття рішень	Горизонт планування	Основна функція
Стратегічний (Вищий)	Керівництво відомства (Міністр, Головнокомандувач), Рада НБ	5–15 років	Визначення Концепції розвитку, формування бюджету, великі закупівлі/списання.
Оперативний (Середній)	Керівництво командувань, департаментів, технічних служб	1–5 років	Планування бойової підготовки, ТОiP, розподіл ресурсів (паливо, запчастини).
Тактичний (Нижчий)	Командири частин, начальники інженерно-авіаційної служби (ІАС)	День – Місяць	Поточний моніторинг готовності, допуск до польотів, усунення несправностей.

Висновки

Таким чином, структурно-функціональний аналіз підкреслює, що ефективність управління ДА безпосередньо залежить від здатності Ситуаційного центру **інтегрувати різнорівневі потоки** та використовувати **прогностичні алгоритми** у виділених критичних точках.

Список використаних джерел

1. Дмитрієв О.М. Інформаційна технологія та методи підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки. Дис. докт. техн. наук, ЧДТУ, 2020.
2. Simon H. A. A Behavioral Model of Rational Choice. The Quarterly Journal of Economics. 1955. Vol. 69, No. 1. P. 99–118.
3. Turban G. L., Aronson E. Decision Support Systems and Intelligent Systems. 7th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005. 900 p.
4. Литвиненко В. С., Жадан С. М. Проблеми створення та використання інтелектуальних інформаційних технологій. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. 2012. № 1 (20). С. 138–144.
5. Федоров М. В., Колесник О. М. Архітектура та функціонування ситуаційного центру підтримки прийняття рішень. Системи обробки інформації. 2018. Вип. 1 (156). С. 138–144.

**Андрій Шатров¹, Павло Шабанов¹, Андрій Любарець²,
Євген Крижанівський²**

¹Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

²Державне підприємство “ДержККБ “ЛУЧ”, Київ

ПЕРСПЕКТИВНІ СИСТЕМИ КОРЕКЦІЇ КЕРОВАНИХ АВІАЦІЙНИХ БОМБ

У тезах розглянуто основні напрями розвитку сучасних та перспективних систем корекції керованих авіаційних бомб, які забезпечують підвищення точності та ефективності ураження цілей в умовах активної протидії засобів радіоелектронної боротьби. Розглядається інтеграція комбінованих систем наведення, застосування інтелектуальних алгоритмів та оптико-електронних технологій самокорекції.

Ключові слова: *авіаційні бомби, авіаційні боєприпаси, універсальний модуль планування та корекції, високоточні засоби ураження, ефективність ураження*

Вступ

Розвиток авіаційних засобів ураження характеризується постійним підвищенням вимог до точності, автономності та стійкості до зовнішніх перешкод. Удосконалення шляхом оснащення системами наведення та корекції дозволяє створювати керовані авіаційні бомби нового покоління.

Одним із ключових напрямів розвитку авіаційного озброєння є створення комбінованих систем корекції, що забезпечують ефективне застосування боєприпасів навіть у разі втрати супутникового сигналу або дії засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ).

Основна частина

Більшість сучасних керованих авіаційних бомб (JDAM, Spice, UAB тощо) використовують комбіновану систему наведення, яка об'єднує інерціальну навігаційну систему (ІНС) та супутникову корекцію (GPS/ГЛОНАСС/Galileo). Така інтеграція дозволяє забезпечувати високу точність ураження цілі керованими авіаційними бомбами (КАБ) (3...5 м), проте обмежена у складних умовах радіопридушення.

Для підвищення точності активно розробляються оптико-електронні, лазерні й телевізійні системи наведення, що забезпечують наведення у комплексному застосуванні разом з традиційними супутниковими системами наведення, у тому числі за координатами, заданими оператором у реальному часі.

Досвід бойового застосування дозволяє відокремити основні недоліки сучасних систем наведення:

- залежність від супутникових навігаційних систем;

- накопичення похибки інерціальної навігації при тривалому автономному польоті;

- уразливість до засобів РЕБ.

Аналіз світового досвіду створення систем наведення КАБ свідчить, що на сьогодні перспективними напрямками розвитку їх систем наведення є:

інтеграція мультисенсорних платформ (поєднання ІНС, супутникової навігації, телевізійних і тепловізійних сенсорів дозволить формувати синтетичне уявлення про місцевість, підвищуючи точність корекції незалежно від зовнішніх впливів);

застосування технологій штучного інтелекту (нейромережеві алгоритми здатні проводити автоматичне розпізнавання цілей та об'єктів на місцевості, формуючи адаптивні корекційні сигнали для мінімізації похибки наведення КАБ та відповідно ураження цілі);

оптична корекція за картами місцевості (автономна корекція польоту за допомогою оптичного порівняння навколишньої місцевості з еталонними картами знижує залежність від GPS та дозволяє ефективно працювати навіть у зоні дії РЕБ);

адаптивна стабілізація польоту (інтелектуальні алгоритми прогнозують зовнішні впливи (рух цілі, атмосферні зміни, вітер) і здійснюють динамічну стабілізацію, підвищуючи стабільність та точність наведення КАБ);

технологічні тенденції і конструкторські рішення (сучасні розробки КАБ зосереджені на підвищенні автономності, зменшенні маси, а також впровадженні багатоканальних систем наведення з взаємодублюванням, MEMS-датчиків для високоточної інерціальної навігації, гібридних процесорів з використанням штучного інтелекту, модульної побудови систем наведення з можливістю оновлення програмного забезпечення тощо).

Комплексне застосування зазначених особливостей комбінованих систем наведення КАБ забезпечують імовірність ураження до 0,95 при дальності застосування понад 60 км та квадратичній імовірності відхилення 3...5 метрів. Подібна концепція поступово стає стандартом для світових виробників авіаційної зброї.

Висновки

Перспективні системи корекції КАБ повинні бути стійкими до дії засобів РЕБ, автономними та адаптивними до складних умов бойового середовища. Інтеграція ІНС, ГНСС і оптико-електронних сенсорів, а також застосування штучного інтелекту, значно підвищують точність і ефективність ураження. Одним з основних завдань оборонно-промислового комплексу України є розроблення вітчизняних систем наведення з відкритою архітектурою.

Список використаної літератури

1. Jane's Air-Launched Weapons. — 2023.

2. RAND Corporation. Precision-Guided Munitions and Future Strike Doctrine. — 2021.
3. Boeing Defense. JDAM Technical Overview. — 2022.
4. Rafael Advanced Defense Systems. Spice Family of Air-Guided Bombs. — 2020.
5. Петров О. М. Системи навігації та наведення авіаційних боєприпасів. - К.: НУОУ, 2022.
6. Колісник В. В. Перспективи розвитку високоточної авіаційної зброї. — Оборонна промисловість України*, №2, 2023.
7. DARPA. Artificial Intelligence for Next-Generation Weapons Guidance Systems. — 2022.
8. NATO Science & Technology Organization. Autonomous Target Recognition Systems Review. — 2021.

**Олександр Яровицин¹, Микола Черв'яков¹, Святослав Мотрунич¹,
Артем Шульгін², Володимир Самулеєв²**

¹ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

²Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ МАТЕРІАЛУ ДИСКУ ТВТ З СПЛАВУ ЕП 742-ИД ТА ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗА РЕЖИМОМ СТАРІННЯ НА ЙОГО МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Встановлено особливості зміни морфології γ' -фази матеріалу диску ТВТ авіаційного ГТД АЛ-31Ф після граничного напрацювання (≈ 770 год.), а також вплив зазначених мікроструктурних змін на показники короткочасної, довготривалої міцності та циклічної довговічності, регламентовані нормативно-технічною документацією на сплав ЕП 742-ИД. На дослідних зразках матеріалу диску оцінено перспективні режими термічної обробки, що можуть бути використані в умовах капітального ремонту диску ТВТ.

Ключові слова: диск ТВТ, експлуатаційна деградація, мікроструктура, механічні властивості, термічна обробка

Вступ

Постановка проблеми. Напрацювання дисків ТВТ авіаційних ГТД АЛ-31Ф наближається до попередньо встановлених граничних значень ресурсних показників, або вже навіть перевищує їх. Це лімітує подальшу безпечну за технічним станом льотну експлуатацію такого авіаційного ГТД. Попередні роботи з продовження призначеного ресурсу зазначеного диску ТВТ проводилися без урахування реальних змін мікроструктури та механічних властивостей його матеріалу під дією термосилового навантаження в процесі льотної експлуатації.

Метою доповіді є викладення встановлених закономірностей експлуатаційної деградації матеріалу диску ТВТ АЛ-31Ф та узагальнення її впливу на показники ударної в'язкості, короткочасної та довготривалої міцності, циклічної довговічності, а також аналіз умов, що впливають на вибір режиму термічної обробки для наступного його капітального ремонту.

Основна частина

Дослідження із застосуванням растрової електронної мікроскопії при збільшеннях $\times 20-40$ тис. показали, що експлуатаційна деградація сплаву ЕП 742-ИД після граничного напрацювання ≈ 770 год. переважно проявляється у вигляді змін морфології γ' -фази. У внутрішніх об'ємах матеріалу (рис. 1-а) внаслідок перерізання часток γ' -фази дислокаціями спостерігається реалізація процесів «ділення» часток первинної та зернограничної γ' -фази на декілька більш мілких окремих складових з їх наступним розчиненням.

Описані зміни морфології γ' -фази кількісно інтенсифікуються в конструктивних зонах досліджуваного диску ТВТ (ступиця, низ полотна), де максимальні сумарні робочі напруження в процесі його експлуатації за розрахунками перевищують $\sigma_{\max} > 600$ МПа. В приповерхневих шарах (низ ступиці, отвори під стяжні болти, канали охолодження) на глибині до 20 мкм морфологія γ' -фази в тій чи іншій мірі подібна до відомої «рафт»-структури, що формується на першій стадії повзучості в литих нікелевих жароміцних сплавах (рис. 1-б,в). З типових конструктивних зон диску ТВТ після граничного напруцювання (ступиця, перехід ступиця/полотно, верхня частина полотна та обод) на ТОВ «Луцький ремонтний завод «Мотор» було виготовлено необхідні зразки для проведення механічних випробувань, регламентованих Технічними умовами та Сертифікатом на сплав ЭП 742-ИД. Результати випробувань на ударну в'язкість (20⁰С, КСУ) та циліндричних зразків з гладкою робочою частиною на короткочасну (20⁰С, 650⁰С) й довготривалу (650⁰С, база 100 год.) міцність, а також на циклічну довговічність (650⁰С, $R_s=0$) показали відповідність сплаву ЭП 742-ИД після експлуатації більшості базових вимог нормативно-технічної документації.

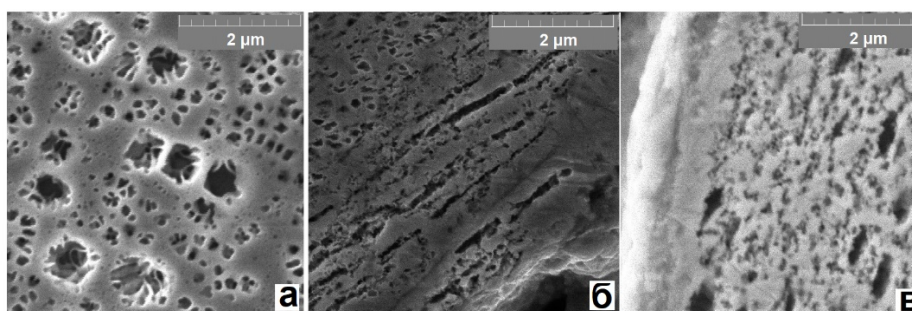


Рисунок 1 – Особливості експлуатаційної деградації сплаву ЭП 742-ИД, растрова електронна мікроскопія: а – зона переходу ступиця-полотно диску, внутрішні об'єми; б,в – приповерхневий шар на нижній поверхні ступиці та в поперечному перерізі каналу охолодження в верхній частині диску

Встановлено два основних впливи експлуатаційної деградації мікроструктури матеріалу диску ТВТ на його механічні властивості. По-перше, це висока чутливість до надрізу при статичному та циклічному навантаженні при 650⁰С, що супроводжується передчасним руйнуванням зразка з надрізом на робочій частині після ~5-15 % (перехід ступиця/полотно та обод) та ~37% (обод) необхідної тривалості випробувань. По-друге, це «відгук» механічних властивостей при 650⁰С на термічну обробку при температурі старіння сплаву ЭП 742-ИД (780⁰С), що застосовується після механічних доробок при капітальному ремонті дисків ТВТ. Він характеризується інтенсифікацією процесів повзучості з можливістю передчасного руйнування (~40 % від необхідної витримки, середня частина полотна) при випробуваннях на довготривалу міцність та зменшенням у ~4 рази циклічної довговічності при навантаженнях $\sigma_{\max} = 87$ кгс/мм² (обод). Результати попередніх досліджень при 650⁰С показали, що

зниження температури термічної обробки на 50°C дозволило: усунути чутливість до надрізу в умовах випробувань на довготривалу міцність зразка з надрізом (обод); пригальмувати розвиток повзучості для зони переходу ступиця/полотно (збільшення до $\sim 80\%$ від необхідної витримки) та отримати зростання \sim у 1,7 рази в умовах випробувань матеріалу ободу на циклічну довговічність при $\sigma_{\max} = 87 \text{ кгс/мм}^2$.

Висновки

Оптимізований режим термічної обробки для капітального ремонту дисків ТВТ зі сплаву ЕП 742-ИД повинен обиратись за умов балансу між зниженням чутливості до надрізу та обмеженням повзучості. За попередніми оцінками встановлене після термічної обробки зниження циклічної довговічності при навантаженнях $\sigma_{\max} = 87 \text{ кгс/мм}^2$ (650°C) розташоване поза робочим діапазоном можливих термосилових навантажень при льотній експлуатації диску ТВТ авіаційного ГТД АЛ-31Ф.

Алфавітний показчик авторів

Прізвище та ім'я автора тез, науковий ступінь та вчене звання	Посада, назва установи, де працює автор, її місце розташування (місто, країна); обліковий запис автора ORCID; e-mail	Стор.
Агамова Раїса	молодший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9723-2988	21
Бабкіна Тетяна	молодший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2611-3631	9
Блискун Олександр <i>доктор філософії</i>	начальник відділу, Головне управління розвитку спроможностей авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7751-8313 Електронна пошта: o.blyskun@mil.ua	12
Богославець Сергій <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5899-7833 Електронна пошта: bogoslavets@i.ua	65
Бологін Андрій <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	докторант, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0656-7799 Електронна пошта: bolas@ukr.net	15, 18
Бондар Андрій <i>кандидат технічних наук</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3350-4331	21
Вабішевич Олена	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3286-4140	44
Ващенко Юрій	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0002-0261-0606	9
Внуков Андрій <i>кандидат технічних наук</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0534-4318	24
Вознюк Микола <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9730-1376	9
Гайдамашко Геннадій	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0008-9110-3617 Електронна пошта: gaydam777@gmail.com	62
Глущенко Павло <i>доктор філософії</i>	начальник науково-дослідного відділу, Державного науково-дослідного інституту авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8231-8877 Електронна пошта: glushchenkopa@i.ua	27

Горохов Георгій <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.id:0000-0002-1479-816X Електронна пошта: otd12@ukr.net	18, 30
Грень Віталій	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8920-2351 Електронна пошта: gren.1979@ukr.net	33
Гришин Володимир <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3353-7819	30
Деревянко Михайло	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4198-1074	41
Діденко Юрій	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0008-3892	24
Дмитро Голубков	начальник лабораторії, Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал” (Київ, Україна)	71
Добриденко Олег <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2029-1488 Електронна пошта: e-mail: Oleg.don61@gmail.com	36
Довжук Дмитро <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0576-505X	38
Євмешкін Олександр	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0000-7660-2209	41
Єрчо Віктор кандидат технічних наук старший дослідник	начальник науково-дослідного відділу, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5150-5303	9
Жикол Павло	заступник начальника науково-дослідного відділу, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.id:0000-0002-4776-8821 Електронна пошта: zhikakiev@ukr.net	15
Заріцький Ігор	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2510-2946	44
Ільїна Олена	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1172-0057	44, 47

Камишев Дмитро	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0789-4759	79
Касянчик Олена	молодший науковий співробітник, ORCID https://orcid.org/0009-0004-3028-9500 Електронна пошта: kasyanchik1983@ukr.net	47
Кібіткіна Наталія	начальник служби захисту інформації в автоматизованих системах, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0008-3171-9815 Електронна пошта: k_natali_s@ukr.net	65
Коваленко Єгор	офіцер відділу опрацювання запитів управління зв'язків з громадськістю, Головне управління комунікацій Збройних Сил України (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0002-0604-3960 Електронна пошта: 1991kovalenko@gmail.com	27
Ковель Петро <i>кандидат технічних наук</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORSID: https://orcid.org/0000-0003-3099-4467 Електронна пошта: peter.kovel@gmail.com	59
Кононов Олексій <i>доктор технічних наук доцент</i>	головний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2267-9109 Електронна пошта: alkononov@gmail.com	4
Корень Андрій	ад'юнкт, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0007-7651-8104 Електронна пошта: andrey-koren@ukr.net	68
Крижанівський Євген <i>кандидат технічних наук</i>	начальник сектору Державне підприємство “ДержККБ “ЛУЧ” (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5868-3471 Електронна пошта: yevhenkrizha@gmail.com	86
Кубарь Сергій <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	заступник начальника інституту з наукової роботи, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8165-7140 Електронна пошта: kubarsv@ukr.net	4
Кумпаненко Володимир <i>кандидат технічних наук старший дослідник</i>	провідний науковий співробітник, Державного науково-дослідного інституту авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9001-8199 Електронна пошта: kvladnic@gmail.com	27
Лихоліт Микола <i>член-кориспондент НАН України доктор технічних наук</i>	головний-конструктор, Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал” (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7616-7916	50, 75
Лобань Олег	Начальник відділу авіаційних бортових систем, Приватне підприємство “Науково-виробниче приватне підприємство “Спаринг-Віст Центр” (Запоріжжя, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0009-3901-7233 Електронна пошта: loi.abs.zp@gmail.com	56

Логвиненко Микола	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1623-6654	38
Любарець Андрій <i>кандидат технічних наук</i>	начальник відділу, Державне підприємство “ДержККБ “ЛУЧ” (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5647-3745 Електронна пошта: liubarets56@gmail.com	86
Мавренков Олексій <i>доктор технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6578-4833 Електронна пошта: m-a-e@ukr.net	53
Мавренкова Анастасія	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3437-8234 Електронна пошта: m-n-o@ukr.net	53
Манулін Юрій	начальник науково-дослідного відділу, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9676-4846 Електронна пошта: manulinmail@ukr.net	18
Маракулін Олександр	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8894-4262	83
Матвійчук Сергій <i>доктор філософії</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2774-0378 Електронна пошта: matvej2609@gmail.com	53
Мотрунич Святослав <i>кандидат технічних наук старший дослідник</i>	старший науковий співробітник, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8841-8609	89
Нагорний Леонід	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7489-5172 Електронна пошта: leonid.maga.61@ukr.net	59
Невзгляденко Юрій	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8894-4262 Електронна пошта: airfox@ukr.net	83
Осокін Владислав <i>доктор філософії</i>	начальник лабораторії, Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал” (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8944-7033	50
Перескоков Володимир	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0426-4674 Електронна пошта: vLadialpereskokov@gmail.com	38, 79

Печененко Олег	ад'юнкт, Національний університет оборони України (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0008-9925-3089 Електронна пошта: o.pechenenko@ed.nuou.org.ua	12
Полуянов Володимир	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5123-120X Електронна пошта: Vlad547494@gmail.com	62
Роман Туренко	інженер-конструктор, Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал” (Київ, Україна)	71
Самойленко Олексій <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	начальник науково-дослідного відділу, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8894-4262	83
Самулеєв Володимир <i>кандидат технічних наук доцент</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3793-5083 Електронна пошта: dwigot@ukr.net	89
Семенюк Анатолій	Директор з розробки спецтехніки, Приватне підприємство “Науково-виробниче приватне підприємство “Спаринг-Віст Центр” (Львів, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0006-3075-3443 Електронна пошта: anatolij.semenyuk@ecotest.ua	56
Сергій Приходько	заступник головного конструктора напрямку, Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал” (Київ, Україна) Електронна пошта: prykhodko_21@i.ua	71
Скляр Олександр <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4176-8821 Електронна пошта: skljar.alex@ukr.net	30, 59
Скляров Олександр <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3836-1886 Електронна пошта: fly55@ukr.net	62
Смук Ростислав	Генеральний директор, Приватне підприємство “Науково-виробниче приватне підприємство “Спаринг-Віст Центр” (Львів, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0004-1931-5771 Електронна пошта: rsmuk@ecotest.ua	56
Соловійов Євген	старший інспектор-льотчик, Головне управління розвитку спроможностей авіації (Київ, Україна) Електронна пошта: y.soloviov@mil.ua	12
Стешенко Петро <i>кандидат технічних наук старший дослідник</i>	начальник науково-дослідного відділу, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1432-6864 Електронна пошта: Petrstko@ukr.net	65

Сторожук Сергій	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5271-0272 Електронна пошта: sth.yz@meta.ua	68
Стрела Максим <i>доктор філософії</i>	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4055-1600 Електронна пошта: maxim.strela1991@gmail.com	36
Токар Ігор	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0008-1842-1280 Електронна пошта: turner4g@gmail.com	36
Тягур Володимир <i>доктор технічних наук</i>	провідний інженер-конструктор, Державне підприємство спеціального приладобудування “Арсенал” (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7616-7945	50, 75
Улізько Вячеслав	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4553-7752	79
Фокін Сергій	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4198-1074 Електронна пошта: fokin_sa@ukr.net	33
Харченко Володимир	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8153-7306	21
Храмченко Вячеслав <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8462-4184	9, 21
Челобітченко Олександр <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9411-2569	24
Черв’яков Микола <i>доктор технічних наук старший науковий співробітник</i>	керівник відділу, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4440-7665 Електронна пошта: chervyakov@paton.kiev.ua	89
Чередніков Олег <i>кандидат технічних наук доцент</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут випробування та сертифікації озброєння та військової техніки (Черкаси, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1258-590X Електронна пошта: cheronov@ukr.net	77
Чечет Олена	науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0009-0001-6999-5988 Електронна пошта: chechet.lena@ukr.net	68

Чумаченко Сергій <i>доктор технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8894-4262 Електронна пошта: s_chum@ukr.net	79, 83
Шабанов Павло	ад'юнкт, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4297-5534 Електронна пошта: shab613@ukr.net	86
Шатров Андрій <i>кандидат технічних наук старший науковий співробітник</i>	провідний науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3070-7483 Електронна пошта: shatroff55@gmail.com	86
Шлюхарчук Володимир	начальник управління, Головне управління розвитку спроможностей авіації (Київ, Україна) Електронна пошта: v.shliukharchuk@mil.ua	12
Шостак Владислав <i>кандидат технічних наук</i>	начальник інституту, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2956-1069 Електронна пошта: vladislav1970shostak@gmail.com	4
Шульгін Артем <i>кандидат технічних наук старший дослідник</i>	начальник науково-дослідного управління, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2403-7348	89
Шумілін Геннадій	старший науковий співробітник, Державний науково-дослідний інститут авіації (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6974-3692	21
Яровицин Олександр <i>кандидат технічних наук старший дослідник</i>	провідний науковий співробітник, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України (Київ, Україна) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9922-3877	89

Офіційний сайт ДНДІА



Веб-сторінка тез та виступів

