

В.М. Паутинка¹, А.В. Внуков¹, О.О. Челобітченко¹, С.М. Казначей²

¹Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів

КОРИГУВАННЯ НОРМ ВИТРАТ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ПЕРЕВЕДЕННІ ЇЇ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ

У статті запропоновано методичний підхід до коригування норм витрат запасних частин для експлуатації авіаційної техніки (АТ) при переведенні її на експлуатацію за технічним станом. Коригування норм витрат здійснюється з метою уточнення потрібної номенклатури запасних частин АТ у відповідності з очікуваною потребою при експлуатації виробів за технічним станом. Пропонується для визначення необхідної кількості запасних частин АТ застосовувати розподіл виробів за методами експлуатації. Застосування запропонованого методичного підходу дозволить провести коригування норм витрат запасних частин для експлуатації АТ державної авіації України при переведенні її на експлуатацію за технічним станом, знизити експлуатаційні витрати за рахунок зменшення потреби у виробках, які можливо перевести на експлуатацію за методами до відмови та до передвідмовного стану, й знизити потрібні обмінні фонди запасних частин в експлуатуючих частинах.

Ключові слова: авіаційна техніка, запасні частини, норма витрат, експлуатація за технічним станом, метод експлуатації.

Вступ

Досвід експлуатації складних систем, до яких відноситься й АТ, показує, що час відновлення працездатності після відмови істотно залежить від наявності запасних елементів. Відсутність запасних частин навіть при гарній ремонтпридатності АТ призводить до значного збільшення часу її відновлення (до 10...20 разів).

Вартість запасних частин, інструмента і пристосувань (ЗІП) для літальних апаратів (ЛА) сягає більше 20 % від вартості ЛА. Утримання елементів ЗІП також потребує значних економічних витрат.

Аналіз складу та витрат ЗІП авіаційної техніки показує, що по окремих типах елементів запас перевершує потреби й вони “залежуються”, при цьому, по деяким елементам відчувається нестача.

Для оцінки потреби в запасних частинах для експлуатації АТ, формування одиночних та групових комплектів ЗІП, а також для оптимізації управлінських рішень з ефективного забезпечення технічної експлуатації парку літаків (вертольотів) розробником АТ розраховуються норми витрат запасних частин для експлуатації АТ. Ці норми при тривалій експлуатації АТ повинні регулярно коригуватися, особливо це необхідно при переведенні АТ на експлуатацію за технічним станом.

Впровадження у практику науково обґрунтованих методів розрахунку кількості запасних частин, розрахунку та коригування норм витрат запасних частин для експлуатації АТ за технічним станом може призвести до позитивного підвищення характеристик відновлюваності АТ та досягнення значного економічного ефекту.

Постановка завдання та його актуальність. Необхідно розробити методичний підхід до процесу коригування норм витрат запасних частин для забезпечення експлуатації авіаційної техніки при переведенні її на експлуатацію за технічним станом. Актуальність завдання полягає в отриманні експлуатантом АТ можливості прийняття обґрунтованих управлінських рішень з ефективного забезпечення експлуатації АТ за технічним станом та зниженню експлуатаційних витрат.

Аналіз попередніх досліджень. Питанням розрахунку кількості запасних частин, потрібної для експлуатації техніки, в тому числі, авіаційної, постійно приділяється значна увага. Так, у роботі [1, с. 219...222] розглядаються питання визначення кількості запасних елементів та деталей, необхідних для проведення відновлювальних робіт у продовж даного періоду експлуатації з потрібною гарантованою ймовірністю того, що отриманої кількості достатньо на вказаний період експлуатації.

У роботі [2] описується математична модель процесу постачання запасних частин та матеріалів у підрозділи, які експлуатують авіаційну техніку.

У [3] розглядається комбінована модель прогнозування потреби у запасних частинах з використанням методів експоненціального згладжування та змінного середнього.

Питання розробки норм витрат запасних частин для експлуатації та ремонту АТ найбільш повно описані в [4]. Але в цій роботі питання розрахунку норм витрат ЗПП розглядаються для АТ, яка експлуатується за ресурсом.

Питання оптимального проєктування комплектів ЗПП висвітлені в [5, с. 136...138]. Розглянуті три рівня складності елементів та дворівнева система ЗПП. У роботі [6, с. 162...171] наведені залежності для розрахунку кількості запасних частин при експлуатації техніки за різними методами експлуатації.

У теперішній час відсутні роботи, в яких досліджуються проблемні питання такого актуального завдання як коригування норм витрат запасних частин при переведенні АТ на експлуатацію за технічним станом.

Мета статті полягає у розробці методичного підходу до коригування норм витрат запасних частин для експлуатації АТ із застосуванням розподілу запасних частин за методами експлуатації при переведенні авіаційної техніки на експлуатацію за технічним станом.

Виклад основного матеріалу

Необхідність запасних частин і комплектувальних виробів для підтримки справності авіаційної техніки залежить у загальному випадку від умов і режимів експлуатації АТ, ушкоджень та відмов систем і агрегатів, що мають місце при експлуатації, характеристик запасних частин і комплектувальних виробів (безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збережуваність), а також від самої системи експлуатації авіаційної техніки, а саме від стратегії технічного обслуговування й ремонту АТ, яка застосовується.

Відповідно при розробці норм витрат запасних частин для експлуатації та ремонту цієї техніки розробником АТ враховуються апробовані та діючі на момент розробки АТ методи технічного обслуговування й відновлення виробів в експлуатуючих і ремонтних організаціях й на підприємствах промисловості. Основним методом експлуатації авіаційної техніки державної авіації України, за якою не здійснюється авторський нагляд при її створенні, був метод експлуатації за ресурсом (ТЕР). Тому й розрахунок норм витрат запасних

частин розробником АТ здійснювався з урахуванням саме цього методу експлуатації.

Норми витрат запасних частин (комплектувальних виробів, агрегатів, блоків, деталей тощо) розраховуються для використання в якості вихідних даних для оцінки потреби в запасних частинах, формування одиночних та групових комплектів ЗПП, а також оптимізації інших управлінських рішень з ефективного забезпечення технічної експлуатації парку літаків (вертольотів).

Норми витрат запасних частин відображають рівень надійності відповідних деталей (складальних одиниць). Коригування норм витрат здійснюється з метою уточнення потрібної номенклатури запасних частин у відповідності з очікуваною потребою при експлуатації виробу авіаційної техніки. Коригування цих норм витрат при тривалій експлуатації АТ повинно здійснюватися її розробником (або експлуатантом) щорічно. Але за відсутності авторського нагляду з боку розробників авіаційної техніки норми витрат запасних частин для експлуатації АТ державної авіації України регулярно не переглядаються.

Особливо це питання стало актуальним з початком переведення АТ, за якою не здійснюється авторський нагляд, на експлуатацію за технічним станом відповідно до [7].

Згідно з [7], переведення виробів авіаційної техніки державної авіації на експлуатацію за технічним станом – це виконання комплексу наукових досліджень та організаційно-технічних заходів, який надає можливість використовувати виробу авіаційної техніки державної авіації за призначенням поза межами значень календарних і ресурсних показників, установлених розробником (виробником) або збільшених експлуатантом.

Можливості переведення виробів елементів ЛА на експлуатацію за технічним станом продемонстровані у [8, с. 27...28] на прикладі літаків авіакомпанії “American Airlines”. Усі виробу АТ були розбиті на дві групи А і Б. До групи А відносились виробу, які характеризувалися тим, що починаючи з деякого напрацювання інтенсивність їх відмов залишалася практично постійною, тобто вона переставала бути функцією напрацювання. У виробів, які відносились до групи Б, навпаки, інтенсивність відмов суттєво збільшувалася зі зростанням часу напрацювання. Отже, для виробів групи Б доцільно б було застосовувати метод технічної експлуатації за ресурсом. При ТЕР момент початку робіт з технічного обслуговування та ремонту встановлюється єдиним для всього парку однотипних елементів і регламентується за напрацюванням. Такі виробу мають встановлені ресурси: до першого ремонту, міжремонтний і призначений (до списання). За даними авіакомпанії

“American Airlines” такі агрегати склали всього 11 % від загальної кількості виробів функціональних систем (ФС) ЛА.

Для виробів групи А встановлення ресурсів не має сенсу, тому що воно не може вплинути на характеристики безвідмовності ФС. Засобом захисту таких виробів є їх резервування. В таких умовах доцільно застосовувати метод експлуатації виробу до відмови, тобто, знявши з цих елементів ресурсні обмеження. Після чого проводити відновлення. Показники надійності ФС, а, отже, рівень безпеки польотів при цьому не змінюються, тому що агрегат, який відмовив, є зарезервованим. Дослідження показують, що таких виробів ФС АТ більшість (89 %).

Враховуючи позитивний світовий досвід щодо переведення АТ на експлуатацію за технічним станом, в державній авіації України здійснюється впровадження цієї системи експлуатації АТ. Основною метою при цьому є зниження витрат на експлуатацію та ремонт АТ при забезпеченні заданих рівнів безвідмовності систем ЛА, бойової готовності та безпеки польотів.

Як відомо з [9, с. 113], експлуатація за технічним станом полягає в застосуванні до складових частин ЛА, в тому числі до комплектувальних виробів, методів експлуатації до відмови (ТЕВ) або до передвідмовного стану (ТЕП) в залежності від встановленого критерію граничного стану [10]. При цьому частину комплектувальних виробів та елементів планера дозволяється експлуатувати за ресурсом.

Метод ТЕП призначається для відповідальних виробів, зміна стану яких описується послідовною моделлю надійності, при цьому є діагностичний параметр стану виробу, методи та засоби контролю цього параметру експлуатації, забезпечено контролепридатність виробу та вирішено виробничо-організаційні питання [11]. Метод ТЕП також призначається для маловідповідальних виробів, контроль стану яких за зазначених вище умов економічно доцільний відносно експлуатації щодо заданого ресурсу.

Метод ТЕВ призначається для виробів, відмова яких у поєднанні з будь-яким іншим приводить до ситуації не гіршої, ніж ускладнення умов польоту. Якщо зміна технічного стану виробу описується послідовною моделлю, але контроль проміжних станів неможливий або економічно недоцільний, то встановлюється контрольний рівень надійності таким чином, щоб середнє напрацювання виробів до відмови було не нижче заданого.

При переведенні АТ на експлуатацію за технічним станом зниження експлуатаційних витрат досягається, в тому числі, й за рахунок зниження потреби у запасних частинах та зниження потрібних

обсягів обмінних фондів запасних частин. Але в [7] завдання щодо коригування норм витрат запасних частин для забезпечення експлуатації та ремонту АТ державної авіації України поставлено не було.

Методичний підхід до коригування норм витрат запасних частин для експлуатації авіаційної техніки при переведенні її на експлуатацію за технічним станом повинен бути таким:

аналізується експлуатаційна та технічна документація на вироби АТ (паспорти, технічні описи виробів, інструкції з експлуатації, конструкторська та ремонтна документація);

узагальнюються дані з напрацювання виробів АТ, їх фактичних витратах. Складається перелік можливих відмов виробів за результатами експлуатації, розраховуються характеристики їх надійності;

визначається міра небезпеки відмов кожного з агрегатів та комплектувальних виробів;

здійснюється вибір методів експлуатації для цих виробів (розподіл за методами експлуатації);

розраховуються норми витрат виробів при їх експлуатації за методами ТЕП та ТЕВ;

проводиться оцінка економічної ефективності коригування норм витрат запасних частин;

розробляються пропозиції щодо коригування (зміни) експлуатаційного документу “Норми витрат запасних частин на 100 годин експлуатації”;

пропозиції подаються на розгляд керівнику органу управління авіації Збройних Сил України або органу управління авіації центрального органу виконавчої влади за належністю АТ, який бюлетенем вводить ці зміни в дію.

Вибір методів експлуатації функціональних систем та комплектувальних виробів АТ є одним з етапів процесу переведення АТ на експлуатацію за технічним станом [7].

В основу запропонованого порядку розподілу виробів АТ за методами експлуатації покладено науково-методичні рекомендації, викладені в [8, с. 31...35]. Вибір методу технічної експлуатації базується на двох умовах [11]: необхідній – забезпечення нормативного рівня безпеки польотів і боєготовності авіаційних частин; достатній – забезпечення економічної ефективності робіт з контролю технічного стану виробу АТ.

Нормативні рівні безпеки польотів і боєготовності встановлюють для ЛА в цілому згідно з вимогами відповідних нормативних документів. Далі ці вимоги розподіляють за функціональними системами ЛА методами експертних оцінок або за прототипом. У кожній системі безвідмовність окремих виробів нормують методами рівномірного, пропорційного чи оптимального розподілу між виробами системи. Аналіз надійності кожного виробу в складі функціональної системи

здійснюють відомими методами теорії надійності складних систем.

Вибір методів технічної експлуатації виробів АТ включає 2 рівні, при цьому аналіз відмов функціональних систем та їх наслідків здійснюється “зверху-вниз” з використанням відповідних логічних схем прийняття рішень.

Спочатку аналізуються всі можливі види відмов ФС, оцінюються їх наслідки та встановлюється необхідність планового контролю працездатності в цілому при технічному обслуговуванні.

На другому рівні аналізуються причини відмов ФС – можливі відмови елементів. У залежності від їх наслідків та характеристик надійності кожного з

елементів встановлюються категорії важливості видів відмов елементів та обираються методи їх технічної експлуатації. Далі встановлюється необхідність планового контролю працездатності цього виробу під час технічного обслуговування (ТО).

Метод технічної експлуатації виробу (ТЕ) авіаційної техніки обирається на основі визначеного функціонального значення виробу, під яким розуміється ступінь впливу його відмови й характеру розвитку відмови на безпеку польоту, та характеристики його надійності [8, с. 31...35].

Загальні принципи вибору методу експлуатації виробів АТ зведені у таблицю, що наведена нижче.

Таблиця

Функціональне значення впливу елементів функціональних систем ЛА на безпеку польоту

Наслідки відмов	Характеристики надійності елементів		Функціональне значення		Метод ТЕ	Контроль технічного стану	Заміна елемента	
			Група	Підгрупа				
Відмова не впливає на безпеку польоту і (або) виконання завдання	Нерезервованій	Залежність надійності від напрацювання	Незначна	1	1А	ТЕВ	Виявлення працездатності при ПТО	При ОТО відмовивших
			Значна		1Б	ТЕР, ТЕВ		При ПТО відмовивших або відпрацювавших ресурс
	Резервованій		Незначна	2	2А	ТЕР, ТЕВ	Контроль працездатності і резерву	При ПТО відпрацювавших ресурс або відмовивших
			Значна		2Б	ТЕВ		При ПТО, у випадку досягнення РС системи – при ОТО
Відмова впливає на безпеку польоту і (або) виконання завдання	Існують методи та засоби виявлення РС	Час від виявлення РС до відмови	Більше періоду ПТО	3	3А	ТЕП	Наземний при ПТО	При ПТО досягнувших РС
			Менше періоду ПТО		3Б	ТЕП, ТЕР		При ПТО відпрацювавших ресурс, при ОТО досягнувших РС
	РС не виявленій	Залежність надійності від напрацювання	Залежить	4	4А	ТЕР	-	При ПТО відпрацювавших ресурс
			Не залежить		4Б	ТЕР		Заміна не передбачена

Джерело: розроблено авторами.

В таблиці також зазначені види технічного обслуговування (оперативне ТО (ОТО) та періодичне ТО (ПТО)), при яких здійснюється контроль технічного стану та заміна елементів, які досягли передвідмовного стану (РС), відмовили або відпрацювали ресурс.

При такому порядку розподілу виробів АТ за методами експлуатації не має обмежень за видами запасних частин, тобто можливе визначення методу

технічної експлуатації для всіх запасних частин та комплектувальних виробів, встановлених на літальному апараті.

Після розподілу запасних частин за методами експлуатації здійснюється розрахунок їх потреби для забезпечення експлуатації за методами ТЕВ та ТЕП з використанням залежностей, наведених у [6, с. 163...171].

Далі здійснюється розрахунок норм витрат запасних частин для експлуатації АТ на 100 годин її експлуатації із застосуванням формул з [4], окремо для відновлювальних та не відновлювальних запасних частин. Здійснюється оцінка економічної ефективності запропонованих змін до норм витрат запасних частин [11, 12].

Результати розрахунків норм витрат запасних частин оформлюються у вигляді пропозицій щодо коригування норм витрат запасних частин. Рішення щодо коригування норм витрат запасних частин приймається експлуатантом (керівником органу управління авіації Збройних Сил України або органу управління авіації центрального органу виконавчої влади за належністю АТ).

Висновок

Запропонований методичний підхід, заснований в основному на відомих методах,

дозволить вирішити нове для державної авіації України завдання – коригування норм витрат запасних частин для експлуатації авіаційної техніки при переведенні її на експлуатацію за технічним станом. Застосування цього методичного підходу дозволить забезпечити необхідну обґрунтованість рішень щодо ефективного здійснення експлуатації авіаційної техніки та зниження експлуатаційних витрат.

Напрями подальших досліджень. Практична реалізація запропонованого методичного підходу передбачає, по мірі накопичення статистичного матеріалу з надійності виробів АТ при їх експлуатації за технічним станом, проведення щорічного коригування норм витрат запасних частин, в тому числі, можливо й тих, які експлуатуються за ресурсом, та ресурс яких відрізняється від ресурсу літального апарата.

Список літератури

1. Прасов М.Т., Степанов Ю.С. Эксплуатационная надежность электронных средств. – Орел: ФГОУ ВПО “Госуниверситет-УНПК”, 2011. – 238 с.
2. Гервальд А.В., Репин Р.В., Асваров Т.А. Математическая модель задачи поставок запасных частей и материалов для авиационной техники военного назначения // Актуальные проблемы и перспективные направления развития комплексов авиационного оборудования. Сб. науч. ст. по материалам IV Всеросс. науч.-практ. конф. “Академические Жуковские чтения”. – Воронеж: ВУНЦ ВВС “ВВА”, 2017. – С. 69-72.
3. Chai Lin, Guo Feng, Wang Zishuo. An optimal combination prediction method of turnover spare parts consumption based on certain weight // Journal of Physics: Conference Series 1955 (2021) 012122. – P. 1-7. DOI:10.1088/1742-6596/1955/1/012122.
4. Далецкий С.В., Далецкий Е.С., Гафуров Д.С. Формирование норм расхода запасных частей, материалов и инструмента для ТОиР // Научный вестник МГТУ ГА. Том 19. № 03. 2016. – С. 67-73.
5. Попов С. А., Тихомиров Н. М., Леньшин А. В., Беспалов В. В. Испытания и эксплуатация авиационной, ракетно-космической техники и транспортного оборудования. Воронеж: Издательско-полиграфический центр “Научная книга”. 2012. – 218 с.
6. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. Т. 8. Эксплуатация и ремонт / Под ред. В.И. Кузнецова и Е.Ю. Барзиловича. – М.: Машиностроение. 1990. – 320 с.
7. Порядок 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. Затверджено наказом Міністерства оборони України від 19.12.2014 № 904.
8. Деркач О.Я. Системы технического обслуживания самолетов и вертолетов и их формирование. – М.: Изд-во МАИ. 1993. – 84 с.
9. Правила інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України. Затверджено наказом Міністерства оборони України від 06.07.2016 № 343.
10. ВСТ 01.204.001-2012(01). Інженерно-авіаційне забезпечення. Порядок переведення військової авіаційної техніки на експлуатацію за технічним станом. Терміни та визначення.
11. Далецкий Е.С. Эксплуатация авиатехники по состоянию. Общие принципы // Научный вестник МГТУ ГА. Серия: аэромеханика и прочность, поддержание лётной годности ВС. № 103. 2006. – С. 89-95.
12. Далецкий Е.С. Оценка эффективности эксплуатации изделий авиатехники до безопасного отказа // Научный вестник МГТУ ГА. Серия: аэромеханика и прочность, поддержание лётной годности ВС. № 130. 2008. – С. 180-187.

Надійшла до редколегії 10.11.2021

Схвалена до друку 10.12.2021

Відомості про авторів:

Паутинка Володимир Миронович

начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5093-8166>

Внуков Андрій Володимирович

кандидат технічних наук
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0534-4318>

Челобітченко Олександр Олександрович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9411-2569>

Казначей Станіслав Миколайович

старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки,
Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2055-5524>

Information about the authors:

Volodymir Pautynka

Head of Research Department
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5093-8166>

Andrii Vnukov

Candidate of Technical Sciences
Leading researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0534-4318>

Oleksandr Chelobitchenko

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Leading researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9411-2569>

Stanislav Kaznachev

Senior Researcher
of State Research Institute of Armament and Military
Equipment Testing and Certification,
Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2055-5524>

CORRECTION OF NORMS OF SPARE PARTS EXPENSES WHEN TRANSFERRING TO CONDITION-BASED MAINTENANCE OF AIRCRAFT

V. Pautynka, A. Vnukov, O. Chelobitchenko, S. Kaznachev

The article suggests a methodological approach to adjusting the cost norms of spare parts for the exploitation of aviation equipment when transferring it to operation by technical condition. Correction of cost norms is done to clarify the required nomenclature of spare parts in accordance with the expected need for operation by the technical condition of aviation equipment. To determine the required number of spare parts the distribution of aviation equipment by operating methods is used. The distribution of products by methods of technical operation includes 2 levels. On the first level, all possible types of failures of functional systems are analyzed and their consequences are evaluated. The need for scheduled control of working capacity as a whole in maintenance is being established. On the second level, the reasons for failures of functional systems are analyzed - possible abandonment of elements. Depending on their consequences and characteristics of the reliability of each of the elements, the categories of importance of object failures are established. The choice of methods of operation of products is defined. The requirements for ensuring the normative level of flights safety and the combat of aviation parts, as well as ensuring the economic efficiency of work on the control of the technical condition of the aircraft products are considered. The application of the proposed methodological approach will allow correction of the cost norms of spare parts for the operation of the aviation equipment of state aviation of Ukraine when putting it into operation according to the technical condition, to reduce operating costs by reducing the needs of products that can be put into operation by methods maintenance until failure and to pre-failure state, and to reduce the necessary exchange foundations of spare parts in the operating parts.

Keywords: *aviation equipment, spare part, cost norms, operation according to technical condition, method of operation.*