

УДК 629.735.017.1(045)

**ПАЩЕНКО С.В.**, заступник начальника Державного науково-дослідного інституту авіації з наукової роботи, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

**САМУЛЄВ В.В.**, провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук, доцент

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ПРИ КОРИГУВАННІ ПРОГРАМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СТАРІЮЧОГО ПАРКУ ВІЙСЬКОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ**

*Запропоновано та описано порядок застосування методів логічного аналізу виробів авіаційної техніки (АТ) при коригуванні програм технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) їх старіючого парку*

*Ключові слова: авіаційна техніка, технічне обслуговування, логічний аналіз*

Концепцією підтримання справності та бойового потенціалу парку авіаційної техніки авіації Повітряних Сил Збройних Сил України до 2025 року, затвердженою наказом Міністра оборони України від 16.09.11 № 572 [1], визначено пріоритети та етапність виконання заходів із підтримання справності і бойового потенціалу існуючого парку АТ шляхом виконання її модернізації та ремонту, подальшого продовження встановлених показників, переведення та експлуатації за технічним станом (ЕТС), удосконалення системи її технічної експлуатації.

Система ТОіР (рис.1) певного типу військових літальних апаратів (ЛА) будується на принципах, які описуються у вигляді програми ТОіР [2], документально реалізуються у експлуатаційній та ремонтній документації на даний тип ЛА і забезпечується підготовленим персоналом, виробничо-технічною базою та матеріально-технічними засобами, функціонує за умови інформаційного та метрологічного забезпечення.



Рис. 1. Загальна схема складників системи технічного обслуговування і ремонту типу авіаційної техніки

Для ЛА військового призначення немає вимоги щодо розроблення програми ТОіР [2] на етапі виконання дослідно-конструкторської роботи та прийняття їх на озброєння. Разом з тим для ЛА військового призначення регламент його технічного обслуговування (РО) із системою інших експлуатаційних документів чітко регламентує та описує всі процедури технічного обслуговування (ТО) і фактично є аналогом програми ТОіР. Реалізація зазначених процедур в процесі технічної експлуатації забезпечує підтримання льотної придатності екземплярів ЛА та їх бойової ефективності у заданій системі ТОіР та заданих умовах експлуатації.

У Збройних Силах (ЗС) України експлуатуються ЛА, за якими з боку їх розробників та виробників не здійснюється супроводження експлуатації та підтримання льотної придатності. Керівниками інженерно-авіаційної служби і озброєння командувань Військово-Повітряних Сил (ВПС) та Повітряних Сил (ПС) стосовно парку зазначених ЛА у попередні роки за результатами досліджень були прийняті рішення про зміну обсягів та періодичності робіт з ТО, продовження їх строків служби, переведення на експлуатацію за технічним станом (ЕТС) тощо. Тому фактично реалізовані заходи програм ТОіР ЛА військового призначення у ЗС України зазнали суттєвих змін, а їх РО не у повній мірі відповідають цим змінам.

Реалізація заходів подальшого підтримання льотної придатності старіючого парку АТ [1] потребує урахування та застосування сучасних методів при вдосконаленні (коригуванні) програм їх ТОіР шляхом приведення експлуатаційної документації, що їх реалізує в існуючій системі ТОіР, у відповідність до поточного технічного стану АТ та очікуваних умов її подальшого застосування.

Відповідно до стандартів цивільної авіації, авіакомпанії розробляють програми ТОіР для парку кожного типу повітряного судна (ПС), що ними експлуатуються, на підставі документів, які надаються їм розробником АТ. Програми ТОіР експлуатанта схвалюються авіаційною владою країни реєстрації ПС.

РО ЛА 4-го покоління, які експлуатуються в авіації ЗС, розроблені понад 30 років тому та перероблені у ВПС та авіації ПС ЗС України на початку 2000-х років. У процесі розробки РО та їх перероблення не застосовувались методи розроблення програм ТОіР, що ґрунтуються на методах логічного аналізу [3]. Зазначені методи набули особливого розвитку у останні 10...20 років і показали можливість та ефективність їх застосування, у тому числі до деяких зразків цивільних ЛА третього покоління радянського виробництва, які з економічних чинників ще тривалий час перебуватимуть в подальшій експлуатації [4].

Тому можна припустити, що чинні РО ЛА авіації ЗС не є оптимальними з точки зору обсягів, переліків та періодичності робіт. Чинні РО не враховують економічних чинників щодо підтримання льотної придатності військових ЛА в процесі їх технічної експлуатації та забезпечення бойової ефективності ЛА за умов підтримання прийняттого рівня безпеки польотів. РО деяких ЛА не враховують те, що до ЛА запроваджено застосування методу технічної експлуатації за станом (ТЕС), оскільки вони у свій час були переведені на ЕТС.

В процесі формування переліків контрольно-відновних робіт (КВР) при переведенні літаків МиГ-29, Су-27, Л-39 та Бе-12 на ЕТС, а також формування

переліків їх контрольних-технічних оглядів (КТО) та відновних робіт (ВР) виникла проблема у встановленні методів технічної експлуатації їх функціональних систем (ФС) та комплектувальних виробів (КВ). Це обумовлено, в першу чергу, недостатньою інформацією про їх надійність та контролепридатність. В свою чергу це ускладнює прогнозування впливу наслідків їх відмов на безпеку польотів і можливості виконання екіпажами бойових завдань в умовах можливих відмов ФС та КВ і, як наслідок, підтвердження або спростування правильності встановлення методу технічної експлуатації для ФС та їх КВ. Особливо ця проблема ускладнюється стосовно встановлення методу технічної експлуатації до передвідмовного стану ФС та КВ внаслідок відсутності даних про методи встановлення визначальних контрольованих параметрів та визначення їх випереджувальних допусків [5, 6].

Аналіз виконаних в останні роки досліджень [5, 8] та керівних документів [3, 6, 7] вказує на достатньо розвинений науково-методичний апарат логічного аналізу та досвід його застосування [4], який може бути використаний при коригуванні програм (планів) ТОіР, а також РО старіючого парку ЛА. Зазначені роботи надають методичний інструмент обґрунтування встановлення ФС та їх КВ методів ТЕС: технічної експлуатації до передвідмовного стану (ТЕП) та технічної експлуатації до відмови (ТЕВ).

Сутність ТЕС [6] полягає у максимальному використанні запасів працездатності силової конструкції планера і КВ кожного екземпляра літака на основі виконання в процесі експлуатації необхідного контролю його технічного стану і систематичної оцінки та аналізу надійності парку літаків в цілому. При цьому зниження експлуатаційних витрат при переведенні ЛА з методу ТЕР на методи ТЕС забезпечується:

1. Заміною трудомістких і дорогих планових заводських (капітальних і середніх) ремонтів КВ і ЛА в цілому видами (формами) періодичних (регламентних) та КВР.
2. Скороченням потрібних обсягів обмінних фондів запасних частин у зв'язку з відміною встановлених ресурсів і строків служби (і відповідних заміни і ремонтів) КВ, яким встановлені методи ТЕС – ТЕП та ТЕВ.
3. Зменшенням трудомісткості ТОіР внаслідок формування раціональних режимів ТОіР при впровадженні методів ТЕС.

Таким чином, проблема переведення ЛА військового призначення на ТЕС та їх ЕТС зводиться до питання забезпечення заданого рівня їх надійності та бойових можливостей за умови мінімізації експлуатаційних витрат.

Так, керівництво з розроблення програм ТО ЛА MSG-3 (MSG-3) [3] містить методичний аналітичний інструмент, який дозволяє мінімізувати, а іноді і взагалі усунути вплив людського чинника при формуванні обсягу робіт з ТО. Методика описує спосіб формування початкового переліку планових робіт з ТО, який у подальшому має коригуватись та розширюватись (уточнюватись) на підставі наявних нормативних документів на даний тип ЛА, даних про результати його випробувань в процесі сертифікації та реальної експлуатації.

Досвід іноземних авіакомпаній показує, що перехід на програму ТО, що будується на методичних підходах MSG-3, дає зменшення витрат на планове ТО

до 30%. Економія досягається шляхом зменшення кількості робіт з ТО або збільшення інтервалів між роботами і зменшення часу простою ЛА.

Робота [8] є подальшим розвитком методів побудови програм ТОiP, основаних на методах логічного аналізу. У порівнянні з MSG-3 вона має більш детально описаний методичний апарат. Він може бути використаний робочими групами у складі кваліфікованих фахівців інженерно-технічного складу експлуатантів ЛА певного типу, льотного складу, що має достатній досвід його льотної експлуатації, представників вітчизняних авіаремонтних заводів, які здійснюють ремонт ЛА цього ж типу, та відповідних фахівців науково-дослідних установ (далі – робоча група). Зазначені робочі групи згідно з рекомендаціями [3], мають створюватись для розробки та коригування програми ТОiP, а в наших умовах – для складання планів ТОiP типу ЛА на визначений період, розробки та коригування переліків КВР, КТО та ВР, а також коригування його РО.

Методичний апарат [8] дозволяє вирішувати завдання коригування РО у тому числі для ЛА, за якими з боку її розробників (виробників) не здійснюється нагляд та супроводження їх експлуатації і підтримання льотної придатності. Але його застосування потребує адаптації відносно бойових ЛА.

Основні вихідні дані, які необхідні для застосування методики [8] щодо логічного аналізу функціональної надійності та наслідків відмов, можуть бути отриманими з діючої експлуатаційної документації на ЛА, а дані про надійність КВ – з норм витрати запасних частин та КВ на 100 годин експлуатації певного типу ЛА або, у разі потреби, уточнені згідно з рекомендаціями, які викладені в [9].

Головною перевагою [8] перед MSG-3 [3] є наявність детально розробленого механізму створення документованої доказової бази, що підтверджує об'єктивність прийняття рішень стосовно змісту та обсягу програми ТОiP з мінімальним впливом людського чинника.

На першому рівні логічного аналізу приймаються і в подальшому застосовуються такі категорії наслідків відмов ФС та їх КВ:

I. Відмова, що призводить до аварійної ситуації (АС) або до катастрофічної ситуації (КС).

II. Відмова що призводить до складної ситуації (СС).

Для ФС і КВ бойових ЛА (системи управління зброєю, прицільно-навігаційного комплексу, агрегатів озброєння тощо) до цих відмов переважно мають відноситись такі, що призводять до невиконання бойового завдання (НБЗ).

Останній висновок є дискусійним і має бути з'ясований та погоджений відповідною робочою групою. Не виключається можливість віднесення деяких відмов ФС і КВ, відповідальних за бойове застосування ЛА, до I категорії наслідків;

III. Відмова, що призводить до ускладнення умов польоту (УУП) та його припинення.

Для бойових ЛА – відмова ФС, що призводить до зниження ефективності виконання бойового завдання або до нештатного застосування засобів ураження в бойових умовах. Не виключається можливість віднесення робочою групою деяких відмов ФС, які забезпечують бойове застосування ЛА, до II категорії наслідків;

IV. Відмова, явна для екіпажу та призводить до УУП або без наслідків (БН) без порушення виконання польотного завдання або є скритою для екіпажу.

Визначення категорій наслідків відмов ФС необхідне для наступного встановлення методу ТЕ та формування переліків робіт з ТО КВ і елементів ФС (рис. 2). Логічний аналіз має здійснюватись робочою групою шляхом послідовного розгляду відомих та можливих відмов ФС і КВ, що описані в інструкціях з льотної експлуатації, інструкціях з технічної експлуатації ФС та КВ, відомих з досвіду членів робочої групи, а також послідовного надання відповідей на питання, які наведені на рис. 2.

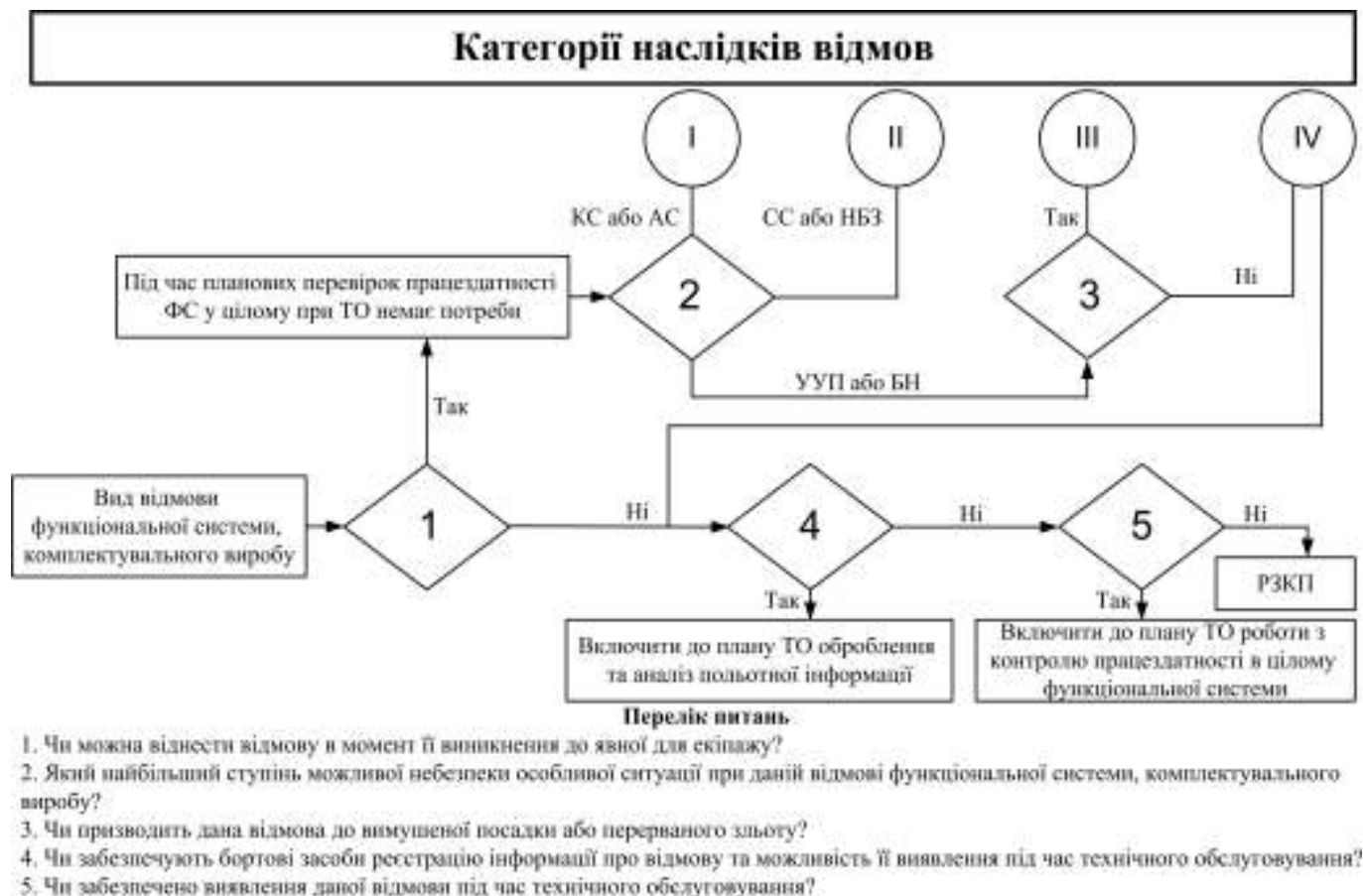


Рис.2. Логічна схема аналізу наслідків можливих відмов елементів функціональних систем та потреби планового контролю функціональних систем в цілому при їх технічному обслуговуванні

У випадку негативної відповіді на питання 5 робочою групою має бути висунуто вимогу (пропозицію) щодо розроблення заходів з підвищення контролепридатності (РЗКП) ФС або КВ, відмова якого не діагностується штатними методами та засобами. Цей випадок може бути характерним для ФС ЛА, по причинах виникнення нових видів відмов їх КВ, що пов'язані із значними строками їх служби, а дії стосовно їх виявлення (попередження) не описані в експлуатаційній документації.

Результати аналізу підлягають документуванню з обов'язковим зазначенням усіх особливих думок, що висловлені членами робочої групи. В роботі [8] наведені формалізовані бланки документування результатів першого рівня логічного аналізу.

Для кожної категорії наслідків відмов ФС і КВ, які визначені на першому рівні логічного аналізу, мають бути встановлені значення параметра функціональної

значущості  $j$ -го виду відмови елемента ФС або її КВ.

Під параметром функціональної значущості  $m_j$  слід розуміти мінімальну кількість подій, сумісна поява яких призводить до певного виду відмови ФС або КВ. Так,  $m_j = 1$ , якщо  $j$ -й вид відмови елемента ФС або КВ призводить до відмови ФС,  $m_j = 2$ , якщо  $j$ -й вид відмови елемента ФС або КВ призводить до відмови ФС тільки у сполученні з відмовою другого елемента ФС або КВ і т.д.

Встановлені значення параметра функціональної значущості  $m_j$  та категорії наслідків відмов ФС та їх КВ є вихідними даними для проведення другого рівня аналізу.

На другому рівні аналізу з використанням логічної схеми рис. 3 визначаються категорії важливості видів відмов ФС та їх КВ і обираються (обґрунтовано встановлюються) методи їх ТЕ.

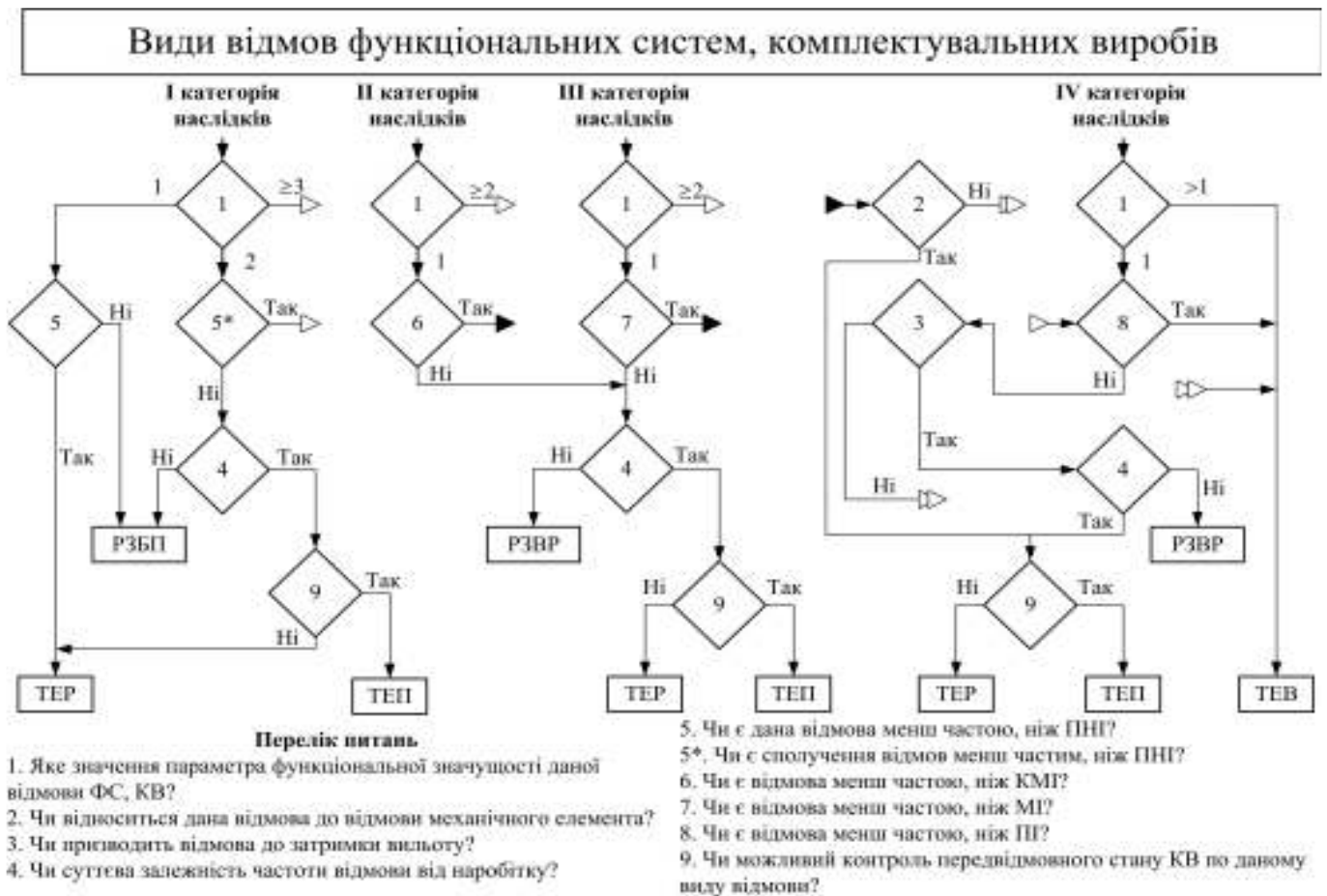


Рис. 3. Логічна схема встановлення потреби у розробленні заходів із забезпечення безпеки польотів (РЗБП), заходів з військового ремонту (РЗВР) та вибору методів технічної експлуатації функціональних систем та комплектувальних виробів ЛА військового призначення в залежності від категорій наслідків їх відмов

На першому етапі другого рівня аналізу, в залежності від категорії наслідків відмови ФС або її КВ та значення параметра функціональної значущості  $m_j$ , за результатами відповіді на перше питання обирається одне з 4 дерев подальшого аналізу. Послідовними відповідями на наступні питання члени робочої групи встановлюють необхідність розроблення заходів для забезпечення безпеки польотів

(РЗБП) або розроблення заходів з військового ремонту (РЗВР), які треба передбачити для бойових ЛА в особливий період під час ТОіР їх ФС та КВ, а також установлюють ФС та їх КВ відповідний метод (уточнюють можливість застосування установленого раніше методу) ТЕ: ТЕР, ТЕП, ТЕВ.

При цьому для надання відповідей на питання 5...9 застосовуються такі якісно-кількісні оцінки рівнів імовірності виникнення відмов ФС та їх КВ:

практично неймовірна (ПНІ) відмова, якщо імовірність виникнення відмови за 1 осереднену годину польоту складає менше  $10^{-9}$ ;

край малоїмовірна (КМІ) відмова, якщо імовірність виникнення відмови за 1 осереднену годину польоту складає  $10^{-9} \dots 10^{-7}$ ;

малоїмовірна (МІ) відмова, якщо імовірність виникнення відмови за 1 осереднену годину польоту складає  $10^{-7} \dots 10^{-4}$ ;

помірковано ймовірна (ПІ) відмова, якщо імовірність виникнення відмови за 1 осереднену годину польоту складає  $10^{-4} \dots 10^{-2}$ .

Результати логічного аналізу другого рівня також документуються і узагальнюються у стандартній для РО формі. Потребуватимуть розроблення технологічні карти на виконання робіт з ТО для тих ФС та КВ, для яких змінено метод ТЕ і в існуючих інструкціях з їх експлуатації вони відсутні. MSG-3 [3] та Методичні вказівки [8] також визначають процедуру встановлення оптимальної періодичності виконання робіт з ТО.

Досвід технічної експлуатації авіаційної техніки показує, що розумне зменшення кількості робіт з ТОіР позитивно впливає на безпеку експлуатації ЛА, оскільки більша кількість робіт означає більшу ймовірність виникнення помилок при їх виконанні. Це обумовлене тим, що вплив людського фактора при виконанні операцій з ТО дуже високий.

## **Висновки**

1. Досвід та методичні підходи щодо здійснення аналізу логістичної підтримки, які застосовуються провідними авіабудівельними підприємствами при побудові програм ТОіР літаків цивільної авіації доцільно застосовувати при коригуванні та перегляді регламентів ТО, переліків КВР, КТО і ВР ЛА військового призначення авіації ЗС, за якими не здійснюється авторський нагляд, з метою приведення їх у відповідність до поточного стану інших компонентів системи ТОіР та очікуваних умов їх подальшої експлуатації на період до 2025 року.

2. Коригування та перегляд регламентів ТО, переліків КВР, КТО і ВР ЛА військового призначення авіації ЗС, за якими не здійснюється авторський нагляд, має здійснюватись робочими групами у складі кваліфікованих фахівців інженерно-технічного складу експлуатантів ЛА певного типу, льотного складу, що має достатній досвід його льотної експлуатації, представників вітчизняних авіаремонтних заводів, які здійснюють ремонт ЛА цього ж типу та відповідних фахівців науково-дослідних установ. Статус, повноваження, методика діяльності та порядок запровадження в практику результатів діяльності зазначених робочих груп має бути визначений відповідним нормативно-правовим актом Міністерства оборони України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Онищенко С.І., Самулєєв В.В., Харченко О.В. Концепція підтримання справності та бойового потенціалу парку авіаційної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України на період до 2025 року. Наука і оборона. – 2011. № 4. - С. 31-34.
2. ГОСТ 28056-89. Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику. Построение, изложение, оформление и содержание программы технического обслуживания и ремонта. – М.: Издательство стандартов, 1989. - 30 с.
3. ATA MSG-3. Revision 207.1 Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development. ATA. – 2007. Руководство по разработке программ технического обслуживания.
4. Акоюн К.Э. Автореферат диссертации к.т.н. Применение методики MSG-3 при разработке программ ТОиР отечественных воздушных судов. М.: МГТУ ГА, 2010. - 21 с.
5. Далецкий Е.С, Далецкий С.С. Контроль надёжности изделий авиатехники при эксплуатации до безопасного отказа. Научный вестник МГТУ ГА №130. М.: МГТУ ГА, 2008. - С.187-191.
6. Положение о технической эксплуатации по состоянию летательных аппаратов военного назначения. Военно-воздушные силы. Выпуск № 7301, 2010. - 20 с.
7. Методические рекомендации по организации и выполнению контрольно-восстановительного обслуживания летательных аппаратов военного назначения. Военно-воздушные силы. Выпуск № 7304. 2010, 26 с.
8. Руководство по проведению анализа логистической поддержки изделий авиационной техники. Методические указания. Научно-исследовательский центр СALS-технологий «Прикладная логистика». М.: 2010. - 204 с.
9. Нормирование расхода запасных частей и материалов на ремонт авиационной техники в авиаремонтных предприятиях ВВС. Методическое пособие. Военно-воздушные силы. Выпуск № 4160, 1978. - 48 с.

*Надійшла до редакції 30.10.2013*