

ЗАСТОСУВАННЯ СТРАТЕГІЇ MSG-3 ДЛЯ ШВИДКОГО ВІДНОВЛЕННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД В УМОВАХ АВІАРЕМОНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

У статті розглянуто проблему швидкого введення до строю військової авіаційної техніки, яка знаходилась на тривалому зберіганні та потребує заводського ремонту в умовах особливого періоду. Розроблено пропозиції щодо відновлення справності авіаційної техніки в умовах авіаремонтного підприємства із використанням стратегії MSG-3.

Ключові слова: відновлення, авіаційна техніка, авіаремонтне підприємство, MSG-3.

Постановка проблеми.

Аналіз воєнних конфліктів початку XXI століття свідчить про появу нових форм і методів збройної боротьби між державами для досягнення відповідних політичних цілей і вирішення міждержавних протиріч. На зміну класичним формам збройної боротьби прийшли так звані “гібридні війни”. Вони мають прихований характер та проводяться, переважно, у політичній, економічній, інформаційній та інших сферах. При цьому, для вирішення окремих завдань збройні сили залучаються в невеликій кількості. Сутність такого підходу полягає у зміщенні центру зусиль з фізичного знищення противника в рамках масштабної війни до застосування засобів так званої “м’якої сили” проти країни-противника з метою дезінтеграції та зміни її керівництва, включення до сфери свого впливу[1].

Проводячи аналіз сучасних військових конфліктів видно, що як правило активні дії в них швидкоплинні. До прикладу можна взяти активні дії у Нагорному Карабасі, початок – 27 вересня 2020 року, закінчення – 09 листопада цього ж року.[2].

Як показує досвід ведення бойових дій на сході України активна фаза бойових дій як для армійської авіації Сухопутний військ так і для авіації Повітряних сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України тривала декілька місяців. При цьому відновлення авіаційної техніки (АТ) до справного стану виконувалося лише у військових частинах.

Разом з тим середній час капітального ремонту одного вертольоту складає три місяці. Тому реалізація стратегії відновлення справності АТ шляхом виконання капітального ремонту для швидкого введення до строю літальних апаратів у 2014 році була неможливою.

Актуальність проблеми обумовлена, з одного боку, низьким рівнем справності парку літальних апаратів армійської авіації Сухопутний військ та ПС ЗС України у цілому, великою кількістю АТ, яка знаходиться на тривалому зберіганні й потребує капітального ремонту, з іншого боку – нагальною потребою у постійному забезпеченні високого рівня боєготовності Збройних Сил України в умовах ведення гібридної війни.

Метою статті є вирішення проблеми швидкого введення до строю авіаційної техніки, яка знаходилась на тривалому зберіганні та потребує заводського ремонту в умовах особливого періоду. Завданням статті є надання пропозицій для відновлення авіаційної техніки, яка потребує капітального ремонту, в особливий період в умовах авіаремонтного підприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Враховуючи тривалість капітального ремонту (до трьох місяців для одного вертольоту) та кількість авіаремонтних підприємств України, відновлення парку авіаційної техніки буде складати не менше декількох років (за умови відповідного фінансування).

В умовах ведення сучасних військових конфліктів така система реально не працює. Тому в разі оголошення в країні особливого періоду пропонується здійснити перехід на експлуатацію АТ за технічним станом. Частково такий перехід був здійснений у 2014 році в системі експлуатації військової АТ в пунктах постійної дислокації.

Зважаючи на те, що більшість АТ Збройних Сил України є іноземного виробництва і позбавлена авторського нагляду, в Україні була розроблена низка нормативно-правових актів, які дозволили унормувати діяльність щодо відновлення, ремонту, модернізації, збільшення установленого ресурсу та продовження строку служби (зберігання) озброєння, військової і спеціальної техніки, за якими не здійснюється авторський нагляд [3-5].

Але в частині виконання заводського ремонту заходи щодо експлуатації за технічним станом для вертольотів армійської авіації не здійснювались.

Ремонт за технічним станом АТ – ремонт, під час якого контроль технічного стану виконується періодично та в обсязі, який встановлений в нормативній документації, чи при наявності несправної авіаційної техніки, а обсяг і момент початку ремонту визначаються станом авіаційної техніки.

Ремонт за технічним станом (далі – РТС) АТ виконується організаціями з ТОП згідно з НТД на даний вид ремонту, розробленою/погодженою розробником/виробником АТ чи розробленою в установленому порядку організацією з ТОП. Переліки обов'язкових робіт для виконання РТС АТ розробляються, затверджуються та/або вводяться в дію індивідуально для кожного типу АТ. Під час РТС АТ обсяг ремонту визначається за результатами діагностування зі включенням обов'язкових операцій, які зазначені в НТД на даний вид ремонту, на підставі оцінки рівня надійності виробу АТ і його складових частин.

Обсяг конкретного виду ремонту кожного типу АТ визначається переліком обов'язкових робіт, керівництвами з капітального (середнього) ремонту, бюлетенями промисловості, затвердженими та/або введенними в дію в установленому порядку, іншими НТД, а також умовами договору (державного контракту).

Орієнтовні трудовитрати на ремонт визначаються в процесі попередньої оцінки технічного стану пошкодженого літака.

Кінцева оцінка технічного стану (дефектація) з застосуванням інструментальних методів контролю здійснюється підрозділом (частиною, підприємством), яке буде виконувати ремонт [6].

Наразі організація капітального ремонту здійснюється на підставі наступних документів:

1. Випуск № 1008. “Тимчасова інструкція про організацію ремонту агрегатів на АРЗ ВПС”.

2. Випуск № 1012. “Організація освоєння ремонту в АРП ВПС нових виробів авіаційної техніки”.

3. Випуск № 1013. “Положення про порядок експертної оцінки пропозицій по внесенню змін у нормативно-технічну документацію при виконанні ремонту, доробок і модернізації авіаційної техніки без залучення КБ, що знаходяться за межами України”.

4. Випуск № 1027. “Організація контролю якості ремонту авіатехніки на авіаційних ремонтних заводах ВПС України”.

5. Випуск № 1029. “Розрахунок виробничих потужностей авіаційних ремонтних підприємств ВПС”.

6. Випуск № 1032. “Положення про ремонт авіаційної техніки інозамовників на авіаційно-ремонтних підприємствах ВПС України”.

7. Випуск № 1047. “Порядок освоєння заводського ремонту літаків та вертольотів ВПС України за технічним станом”.

8. Випуск № 1072. “Організація виробничого процесу ремонту авіаційної техніки в АРП ВПС і методика оцінки ефективності його функціонування” тощо.

Більшість нормативно правової бази відпрацьовувалось в той момент, коли авіаремонтні підприємства були у підпорядкуванні Міністерства оборони України. Тому актуальність їх частково втратила силу.

Разом з тим при організації заводського ремонту слід враховувати і можливості оборонно-промислового комплексу та економічну складову.

Тому автором статті пропонується розглянути програму технічного обслуговування на базі стандарту MSG-3 [7-8].

До прикладу, комерційний літак коштує 200 млн.дол., а для експлуатації, технічного обслуговування і підтримки протягом його життєвого циклу (ЖЦ), що становить 20-30 років, потрібні додаткові 2 млрд.дол. Для більшості видів обладнання від 80 до 85% витрат протягом ЖЦ витрачається в процесі його експлуатації і технічного обслуговування [9]. А у високо конкурентній авіагалузі прямі операційні витрати є підґрунтям прибутковості. За оцінками авіакомпаній, вони складають від 10 до 20% прямих операційних витрат, в залежності від розміру, віку і використання літака [10].

При цьому частка витрат на технічне обслуговування й ремонт в середніх прямих операційних витратах не зменшилась за останні два десятиліття [10], натомість примусила багато авіакомпаній жорстко контролювати витрати на обслуговування та персонал [11].

Для оптимізації системи технічного обслуговування, ремонту та відновлення (MRO) необхідний комплексний підхід, в якому процеси, люди (в тому числі виробники двигунів, постачальники), а також технології пов'язані, й кожен компонент усього процесу точно налаштований на досягнення оптимальної надійності при мінімально можливій вартості. Інтеграція надзвичайно важлива, оскільки MRO – такий складний процес, що невелика помилка в одному процесі, швидше за все, вплине на всі наступні процеси і спричинить витратні затримки.

Постачальникам MRO-послуг стає дедалі складніше ефективно здійснювати діяльність. Причинами є постійний ріст витрат на матеріали й працю, поява нових технологій та величезних масивів інформації. Наприклад, компанії, що спромоглися стандартизувати, спростити, пришвидшити, одним словом, оптимізувати процеси за умов високої якості наданих послуг, скорочують загальні витрати на 8-15 % і досягають стійкої конкурентної переваги [12]. Система MRO комерційних повітряних суден (ПС) цивільної авіації визначає ефективність їхнього використання та витрати на експлуатацію.

У розвинутих країнах при створенні нових типів літаків система MRO розробляється відразу на етапі проектування, й конструкція літака формується під неї з урахуванням всіх очікуваних умов експлуатації. Кожна авіакомпанія розробляє програму технічного обслуговування, ремонту та відновлення самостійно на основі документів, що надаються виробником і авіаційними органами країни реєстрації ПС.

Виявлено, що на сьогодні відновлення не тільки забезпечує високий рівень безпеки, надійності та працездатності АТ, але й створює цінність в бізнес-процесах, внаслідок чого стає стратегічним фокусом для авіакомпаній і вимагає комплексного підходу. Постачальникам послуг відновлення АТ дедалі складніше ефективно здійснювати діяльність через постійний ріст витрат на матеріали й працю, появу нових технологій та величезних масивів інформації. Скорочення загальних витрат та стійкої конкурентної переваги досягають лише ті ремонтні компанії, яким вдалось спростити, стандартизувати, пришвидшити процеси за умови високої якості послуг.

Із цією метою вітчизняним авіаремонтним підприємствам рекомендовано використовувати логіку MSG-3 (Maintenance Steering Group) – стандарт для розробки планових завдань та інтервалів між технічним обслуговуванням, ремонтом і відновленням, який застосовується регулюючими органами, операторами, виробниками й авіаремонтними підприємствами.

Наголошено, що ключовим елементом представленої класифікації є відновлення, оскільки саме воно є найбільш затратним та важливим елементом підтримання АТ у

працездатному стані. Інші складові є потрібними для виявлення необхідності проведення відновлення або відтермінування такої необхідності.

Виявлено, що ключовим фактором конкурентоспроможності й навіть виживання, на глобальному авіаринку сьогодні стає автоматизація робіт із управління технічним обслуговуванням і відновленням АТ із використанням сучасних програмних продуктів, провідними з яких визнано.

Наголошено, що без автоматизації, удосконалення ІТ-технологій глобальний ринок буде для вітчизняних авіаремонтних підприємств із часом закритий узагалі. У найближчі роки їм доцільно на базі MSG-3 аналізу впроваджувати хоча б окремі модулі описаного програмного забезпечення для автоматизації технічного обслуговування і відновлення АТ, надалі розглядаючи можливість їхнього повноцінного використання й адаптування. Встановлено, що головною передумовою розвитку в Україні найбільш прогресивних механізмів відновлення АТ, є визначення економічної ефективності інструментів такої діяльності.

На даний момент найбільшу ефективність відновлення АТ можна досягнути за умов застосування третьої редакції документа – MSG-3. MSG-3 – це стандарт для розробки планових завдань техобслуговування і проміжків між обслуговуваннями, який застосовується регулюючими органами, операторами, виробниками і авіаремонтними підприємствами. Стандарт MSG-3 виділяє загальні процеси організації та рішень для ефективного планування техобслуговування для повітряних суден. Заплановане техобслуговування включає в себе інспекції, розроблені для виявлення пошкоджень або потенційних точок поломки ПС. Ключовою є ідентифікація складових, які особливо важливі для техобслуговування або структурної цілісності ПС [13].

Логіка MSG-3 передбачає аналіз «зверху вниз» для визначення відповідного методу відновлення АТ для кожного важливого об'єкта. Спочатку формується первинний список важливих об'єктів – MSI (Maintenance Significant Item), але вибираються вони не на агрегатному рівні, а спочатку на рівні системи. MSI вибираються на верхньому рівні без розгляду окремих агрегатів підсистеми. Декомпозиція до рівня агрегату (нижчий рівень) має місце тільки в разі, якщо за допомогою аналізу не вдалося підібрати відповідні роботи з відновлення АТ для підсистеми (рис. 1).

З огляду на певну надмірність функціональних елементів, закладену розробником ПС, аналіз MSG-3 від систем до (за необхідності) окремих компонентів, дозволяє зменшити кількість некритичних робіт із відновлення АТ. Необхідно сконцентруватися на відмові цілих систем, тому важливими об'єктами для відновлення АТ вибирають, в першу чергу, не окремі агрегати, а системи і підсистеми. Далі кожен потенційно важливий для відновлення АТ.

Об'єкт MSI піддається попередньому аналізу, і визначається його вплив на: 1) безпеку польотів; 2) приховані функції; 3) експлуатацію; 4) економічність польотів. Якщо об'єкт не впливає на жоден з перерахованих пунктів, то він виключається зі списку важливих для відновлення АТ.

Кожен з виявлених об'єктів MSI аналізується на першому етапі й відноситься до однієї з наступних категорій: 5) явний – небезпечний; 6) явний – експлуатаційний; 7) явний – неекономічний; 8) прихований – небезпечний; 9) прихований – безпечний. Після цього необхідно виявити всі можливі причини відмови.

Для оцінки небезпечності категорій відмов пропонується обрати метод експертного ранжування. За основу методу пропонується взяти дані з періодичного аналізу надійності та визначити найбільш ненадійні елементи за думкою експертів, які мають схильність до відмови з залежності від впливу який вони несуть небезпечність відмови в польоті.



Рис. 1 Алгоритм MSG-3 аналізу категорій відмов складових об'єктів АТ для відновлення
Примітка: побудовано за даними (Gdalevitch, 2000) [13]

Експертам буде запропоновано провести ранжування коефіцієнтів вагомості з кожної системи та підсистеми ПС. Зразок ранжування наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.– Ранжування коефіцієнтів вагомості

№ експерта	Ранги, надані експертами							Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	
1	Q_3	Q_{21}	Q_{41}	Q_{11}	Q_{42}	Q_{22}	Q_{12}	
2	Q_{21}	Q_{41}	Q_{11}	Q_3	Q_{22}	Q_{42}	Q_{12}	
3	Q_{21}	Q_{41}	Q_{11}	Q_3	Q_{22}	Q_{42}	Q_{12}	
4	Q_{21}	Q_{41}	Q_{11}	Q_3	Q_{22}	Q_{42}	Q_{12}	
5	Q_{21}	Q_{22}	Q_{41}	Q_{11}	Q_3	Q_{42}	Q_{12}	
6	Q_{11}	Q_{21}	Q_{41}	Q_3	Q_{12}	Q_{22}	Q_{42}	

Коефіцієнти вагомості кожного показника якості визначаються за формулою [14]:

$$c_i = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} Q_{ij}},$$

де n – кількість експертів ($i=1, 2, \dots$);

m – кількість показників (коефіцієнтів вагомості) ($j=1, 2, \dots$);

Q_{ij} – ранг показника (коефіцієнта вагомості);

$\sum_{i=1, j=1}^{n, m} Q_{ij}$ – сумарний ранг показників (коефіцієнтів вагомості).

На підставі ранжування коефіцієнтів вагомості визначається сума рангів кожного одиничного показника (його коефіцієнта вагомості).

Далі здійснюється перевірка точності експертних оцінок.

Точність експертних оцінок визначають за узгодженістю думок експертів. Ступінь збігу оцінок експертів характеризує якість експертизи, що виражається коефіцієнтом конкордації, який обчислюється за формулою [14]:

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)},$$

де n – кількість експертів;

m – кількість показників (коефіцієнтів вагомості);

S – сума квадратів відхилення рангів Q_i від їх середньоарифметичного значення Q_{cp} по всіх показниках і експертах [14]:

$$S = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m Q_{ij} - Q_{cp})^2.$$

Коефіцієнт конкордації приймає значення від 0 до 1. Чим більше значення коефіцієнта конкордації, тим більший ступінь узгодженості думок експертів. При $W=1$ є повна узгодженість думок експертів; якщо $W=0$, то узгодженість практично відсутня.

Ступінь узгодженості думок експертів вважається прийнятною, якщо $W > 0,5$. [15]

Після перевірки точності експертних оцінок агрегати всіх систем будуть віднесені до певної категорії відмов.

Далі здійснюють аналіз на другому етапі (табл. 2), де обирають бажані або необхідні для об'єкту АТ методи відновлення з урахуванням вимог безпеки (фактор безпеки), готовності АТ до експлуатації (експлуатаційний фактор) і економічності (економічний фактор) із таких можливих:

Таблиця 2. – Аналіз методів відновлення АТ

Категорії об'єктів					Запитання для аналізу	Методи відновлення АТ
5. Явний – небезпечний	6. Явний – експлуатаційний	7. Явний – неекономічний	8. Прихований – небезпечний	9. Прихований – безпечний		
X	X	X	X	X	A Чи є змащування або обслуговування ефективними?	LU / SV
			X	X	B Чи є перевірка працездатності ефективною?	OP
	X	X	X	X	C Чи є перевірка функціональності ефективною?	IN / FC
X	X	X	X	X	D Чи є відновлення ефективним та доступним?	RS
X	X	X	X	X	E Чи є утилізація ефективною та доступною?	DS
X			X		F Чи є комбінація робіт із ТО доступною і ефективною?	

Якщо всі відповіді на запитання будуть негативними, необхідно вносити конструктивні зміни в літак.

Примітка: побудовано за даними (Gdalevitch, 2000) [16]

1. Змащування / Обслуговування (Lubrication / Servicing – LU/SV) – для підтримання та відновлення властивостей, притаманних певним складовим частинам літака.

2. Операційна / Візуальна перевірка (Operational / Visual Check – OP/VC) – для визначення поломок і встановлення необхідних робіт з відновлення АТ.
3. Функціональна перевірка / Інспектування (Functional Check / Inspection – FC /IN) – кількісна перевірка виконання одної чи кількох функцій об’єктом в певних межах. Існують три рівні перевірки для визначення необхідності проведення відновлення АТ:
 - I. Загальна візуальна (General Visual Inspection – GV),
 - II. Детальна (Detailed Inspection – DI),
 - III. Спеціальна детальна (Special Detailed Inspection – SI).
4. Відновлення (Restoration – RS) – реконструкція, заміна частин чи чистка, необхідні для повернення об’єкту до визначеного стандарту.
5. Утилізація (Discard – DS) – усунення об’єкту від виконання функцій за визначеної межі служби.

Усі роботи з відновлення АТ, необхідні згідно аналізування, систематизують у відповідності до списку, розбитому за розділами АТА, щоб сформувати базову програму відновлення АТ.

Перераховані важливі об’єкти для відновлення АТ (MSI) публікуються в звіті Комітету з нагляду за створенням програми відновлення АТ, який представляє собою мінімальні вимоги до програми відновлення літака. На основі звіту авіакомпанії розробляють свої програми відновлення АТ, включаючи необхідний мінімум, описаний в звіті. Додаткові роботи з відновлення АТ можуть ґрунтуватись на документі з планування відновлення АТ (MPD), який включає в себе інформацію про: всі важливі об’єкти MSI та додаткові вимоги виробників літака і обладнання, досвід експлуатації в авіакомпанії, дані щодо надійності виробів, рекомендації виробників, що видаються у вигляді сервісних бюлетенів та інформаційних листів, обов’язкові вимоги керівних авіаційних органів, що видаються в директивах з підтримки льотної придатності (AD’s), вказівках керівних авіаційних органів (FAR’s) і вимогах сертифікації (CMR’s).

Ревізії та зміни вже існуючих робіт із відновлення АТ повинні задовольняти аналізу MSG-3 і бути аргументовані даними з надійності. Додаткові обов’язкові роботи не змінюються під час ревізій за бажанням авіакомпанії, зміна інтервалів може бути тільки в сторону зменшення.

Перехід до програми відновлення АТ, заснованої на логіці MSG-3, дозволяє зменшити кількість робіт із відновлення АТ і, відповідно, трудовитрати. Крім зменшення трудомісткості форм обслуговування, з’являється можливість розширювати інтервали їхнього проведення [17].

В цілому програму технічного обслуговування на базі стандарту MSG-3 підходить для проведення заводського ремонту в умовах особливого періоду.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Підсумовуючи роботу, хотілося б сказати, що для скорочення термінів та підвищення ефективності відновлення військової АТ на авіаційному підприємстві в умовах особливого періоду необхідно розробити ряд заходів які б мали місце при оголошенні особливого періоду:

1. Розробити відповідну нормативно-правову базу для реалізації процесів технічного обслуговування та ремонту військової АТ за стратегією MSG-3.
2. Розробити, із залученням наукових установ, переліки заводського ремонту для відновлення АТ по програмі технічного обслуговування на базі стандарту MSG-3.
3. Укласти необхідні договори на відновлення АТ в умовах особливого періоду з урахуванням роботи підприємств у три зміни.
4. Передбачити фінансовий ресурс в спеціальному фонді державного бюджету на виконання спланованих заходів.
5. Розробити нову експлуатаційну документацію з технічного обслуговування та ремонту за стратегією MSG-3, яка б вступала в силу після оголошення особливого періоду (військового стану).

Список використаних джерел

1. А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов, особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами ЗСУ. Режим доступу: <https://www.ukrmilitary.com/2017/05/experience-received-by-the-armed-forces-of-the-armed-forces-of-ukraine.html>
2. Карабаський конфлікт, матеріали із Вікіпедії, Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Карабаський_конфлікт.
3. Порядок відновлення, ремонту, модернізації, збільшення устанавленого ресурсу та продовження строку служби (зберігання) озброєння, військової і спеціальної техніки, за якими не здійснюється авторський нагляд, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 року №135.
4. 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, затверджений наказом Міністерства оборони України від 19 грудня 2014 року №904. – 10 с.
5. Порядок продовження (збільшення) встановлених показників виробів авіаційної техніки державної авіації, за якими не здійснюється авторський нагляд, затверджений наказом Міністерства оборони України від 16 лютого 2015 року №68. – 14 с.
6. Наказ Міністерства оборони України від 05.07.16 року № 343 “Правила інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України” (ПрІАЗ-2016).
7. MSG-3. ATA Specification 2200, Information Standards for Aviation Maintenance. The Air Transport Association. Washington, DC, 2010.
8. Акопян К.Э. Применение методики MSG-3 при разработке программ технического обслуживания и ремонт-та отечественных воздушных судов: дисс. ... канд. техн. наук. - М., 2010.
9. Saranga, H. and Kumar, U.D., 2006. Optimization of aircraft maintenance/support infrastructure using genetic algorithms: level of repair analysis, *Annals of Operations Research*, 143 (1), pp. 91–106.
10. Papakostas, N., Papachatzakis, P., Xanthakis, V., Mourtzis, D. and Chryssolouris, G., 2010. An approach to operational aircraft maintenance planning, *Decision Support Systems*, 48 (4), pp. 604-612
11. Sriram, C. and Haghani, A., 2003. An optimization model for aircraft maintenance scheduling and reassignment, *Transportation Research: Part A, Policy and Practice*, 37 (1), pp. 29–48.
12. Reopel, M., 2012. Smarter MRO. 5 strategies for increasing speed, improving reliability, and reducing costs – all at the same time. Deloitte Development LLC.
13. ГОСТ 27.002-89. “Надійність в техніці. Основні поняття. Терміни та визначення”.
14. Розробка методики оцінки якості ремонту авіаційної техніки на державних підприємствах Міністерства Оборони України в умовах реформування Збройних Сил України. Звіт про науково-дослідну роботу (шифр “Кречет”) – К.: ДНДІА, 2011.
15. Грабовецький Б. Є., Антонюк О. В., Економіка та держава № 9/2010, ранжування показників фінансово-господарської діяльності підприємства для побудови комплексної стратегічної програми на основі методу експертних оцінок Дельфі, Доступно <http://www.economy.in.ua/pdf/9_2010/14.pdf>
16. Gdalevitch, M. 2000. MSG-3, The Intelligent Maintenance [online]. Доступно: <<http://www.aviationpros.com/article/10388498/msg-3-the-intelligent-maintenance>>
17. Калиновський А.О. Дисертація економічне оцінювання відновлення авіаційної техніки авіаремонтними підприємствами, – 2018 – 121, 122.