

DOI: 10.18372/2310-5461.66.20348
УДК 629.7.05

Є. В. Тачинін

АТ «Антонов»

orcid.org/0009-0002-5347-6371

e-mail: tachinin@gmail.com;

С. В. Єнчев, доктор техн. наук, професор

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

orcid.org/0000-0001-6994-9378

e-mail: serhii.yenchев@npp.kai.edu.ua

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТРОЛЮ ТА ІНТЕРАКТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА ГОТОВНІСТЬ ЛІТАКА ДО ПОЛЬОТІВ

Вступ

З розвитком авіаційної техніки (АТ) задачі підвищення льотної придатності повітряних суден стають більш актуальними за рахунок сукупної дії факторів: скорочення витрат часу, обсягу робіт і фінансових витрат на їх технічне обслуговування (ТО) та ремонт в процесі експлуатації. Це стає можливим на основі впровадження нової авіаційної техніки, яка відповідає сучасним вимогам, застосування передових інформаційних технологій її технічної експлуатації.

Основним призначенням системи технічної експлуатації є забезпечення надійності, економічності, справності та готовності літаків до виконання польотів. Успішне виконання цих завдань багато в чому визначається конструкцією авіаційної техніки, її придатності до виконання експлуатаційних і ремонтних робіт з використанням найбільш економічних з точки зору трудових і часових витрат технологічних процесів. Таку властивість повітряного судна, його технічної документації називають експлуатаційною технологічністю.

Постановка проблеми

Світовий досвід експлуатації АТ [1] свідчить про те, що підвищення рівня ЕТ на стадії проектування приводить до скорочення часу пошуку та усунення несправностей; забезпечення доступу до зняття, встановлення та перевірки комплектуючих виробів. Таким чином, вона впливає на тривалість ТО, але при цьому, не має впливу на частоту виникнення відмов. Тому, задача пов'язана з підвищенням рівня ЕТ, є актуальною науковою задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ключовим моментом у забезпеченні експлуатаційної технологічності нового літака є прогнозування її показників. Для розрахунку та прогнозування показників експлуатаційної технологічності використовуються існуючі розроблені ме-

тодики [2], у тому числі методика для раннього прогнозування та детальної оцінки всіх видів обладнання – авіоніки та механічного обладнання на всіх рівнях технічного обслуговування [3]. В [4] розглядаються питання розробки попередньої довідкової або керівної документації щодо проектування та моделювання кабіни пілотів. Робота [5] присвячена розробці бортової контекстно-чутливої інформаційної системи OCSIS, яка була розроблена на планшеті. Стверджується, що використання контекстної інформації полегшує доступ до відповідного оперативного контенту в потрібний час або автоматично, або на вимогу.

У статті [6] описано новий метод зниження витрат, пов'язаних з розробкою та підтримкою програмного забезпечення в чітко визначеній області авіоніки. Зокрема, розроблено налаштоване програмне забезпечення для реєстратора польотних даних та набір інструментів конфігурації на базі Windows, які дозволяють користувачеві визначати прикладний рівень програмного забезпечення авіоніки.

У роботі [7] розглядається використання реєстраторами стандартів форматування даних, що забезпечує значну економію протягом життєвого циклу. Стандарти ARINC 573/717, 767 та 647A, значною мірою були розроблені для полегшення обов'язкових вимог до збору даних бортовими реєстраторами FDR. Ці стандарти сприяють важливим вимогам щодо взаємозамінності або сумісності обладнання, і, оскільки вони також застосовні до запису Системи моніторингу стану повітряних суден ACMS, підтримуються критично важливі програми Інтегрованого управління станом транспортних засобів IVHM.

Стаття [8] є оглядом розвитку паперової документації до бортової інформаційної системи OIS, яка виконує функцію системи електронного льотного багажу EFB. Сьогодні EFB або OIS не просто надає електронну документацію на борту,

це може бути багатофункціональний пристрій, що взаємодіє з іншими системами та пілотами в кабіні пілотів.

У [9] визначено мову опису для зберігання посібників з технічного обслуговування літаків АММ на основі тематичних карт, яка називається XML Topic Map for Procedures. Окрім синтаксичної інформації, ця мова використовується для збору семантичної інформації для підтримки інтелектуальної адаптації до різних пристроїв виводу та модальностей. Описано кілька концепцій цієї мови.

У статті [10] досліджується, як стандартна мова опису апаратного забезпечення VHDL відіграє вирішальну роль в ефективному придбанні цифрових електронних систем. Оскільки витрати, пов'язані з авіонікою літаків, продовжують зростати, покращене придбання та підтримка систем озброєння залежить від економічно ефективних методологій проектування та точної проектної документації.

Таким чином, метою дослідження є розробка методики раннього прогнозування та детальної оцінки всіх видів обладнання [3], яка дозволяє проаналізувати експлуатаційну технологічність з урахуванням можливостей діагностики та усунення несправностей, конструкції замінного компонента (виробу) і інтенсивності відмов.

Показники експлуатаційної технологічності

Головні показники ЕТ, які розраховуються за цією методикою [3] наступні: середня тривалість відновлення (MTTR), середні трудомісткості відновлення та роботи по технічному обслуговуванню (MLH/герай та MLH/МА), середня трудомісткість ТО (на годину напрацювання) (MMH/ОН).

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i R_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}, \quad (1)$$

де $MTTR$ -- середня тривалість відновлення літака; n – кількість замінних компонентів; λ_i – інтенсивність відмов i -го компонента; R_i – середня тривалість відновлення n -го компонента.

Контролепридатність (КП) є однією із складових експлуатаційної технологічності й визначається як характеристика проекту, що дозволяє визначити стан об'єкта (компонента) та несправності, які будуть ефективно знайдені й усунуті за прийнятної вартості. Діагностика складається з ручних, автоматичних і напівавтоматичних апаратних засобів технічного обслуговування, про-

грамного забезпечення та процедур по визначенню стану, виявлення та усунення несправностей.

Необхідні апаратні засоби, програмне забезпечення та процедури будуть залежати значною мірою від ЕТ (тобто характеристики контролепридатності). Діагностика є всього одним аспектом ТО. Всі процедури ТО визначаються значною мірою конструкцією. Проект із високою ЕТ потребує найменшої кількості засобів ТО та простих процедур ТО [2].

На рівні компонента контролепридатність – це його властивість, яка дозволяє швидко підтвердити його функціональну цілісність. З економічної точки зору ефективна контролепридатність дозволяє знизити:

- тривалість простоїв літака;
- кількість помилкових зняття справного компонента;
- вартість перевірок у лабораторії та вартість ремонту.

Часто контролепридатність оцінюється за допомогою показника NFF (No Fault Found – дослівно «несправності не знайдено» або кількість необґрунтованого зняття компонента.

Поняття NFF пояснюється прикладом: після прояву відмови, у результаті пошуку несправності визначається передбачуваний компонент, що відмовив. Даний компонент знімається з літака та відправляється для перевірки в лабораторію. Якщо в процесі проходження перевірки несправність не підтверджується, то компонент вертається в експлуатацію. У цьому випадку дане знімання належить до категорії NFF.

Як показують статистичні дані [3], блоки авіоніки, що прибули для ремонту, лише в 14,3 % мали підтверджені відмови, стільки ж переमेжовані, а 71,4 % випадків були пов'язані з помилковою сигналізацією.

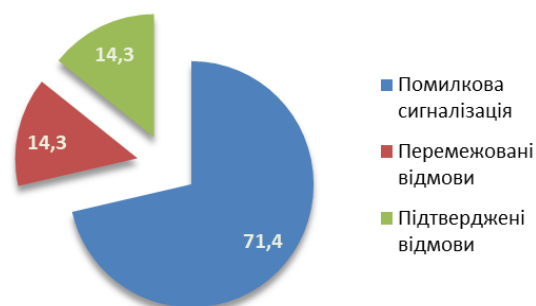


Рис. 1. Процентне співвідношення результатів перевірок виробів, відправлених у ремонт

Для літаків F/A-18С помилкова сигналізація відмов складала більш 88 %, а середній наробіток на помилкову сигналізацію -- менше 1 год. У деяких випадках повернення повернутих через помилкову сигналізацію відмов перевищила 83 % [11]. Для іншого роду військ (флот, сухопутні)

цей показник досягає 67 %. В 2000 р. для конвертоплану V-22 помилкова сигналізація була на рівні 92 % [12].

Представники компанії Boeing на конференції Autotestcon 2007 [17] заявляли, що деяка авіоніка на військових літаках показала 100% помилкової сигналізації про відмови. Автомобільні блоки керування круїз-контролем, повернено із цієї причини – 96 % NFF [13].

Тобто, підвищуючи рівень контролепридатності шляхом впровадження надійних і достовірних систем контролю та діагностики, можна поперше виключити порядку 70 % необґрунтованих відправлень обладнання в ремонт і, по-друге, значно підвищити готовність літака до польотів.

Бортові системи технічного обслуговування

На даний час, впроваджені розробниками індивідуальні вбудовані системи контролю (ВСК/ВІТЕ) устаткування та централізовані бортові системи контролю та діагностики або технічного обслуговування (СЦТО/СМС) враховуються в закладеній (або конструктивної) готовності літака A_i (*inherent availability*). СМС це розвинена бортова система технічного обслуговування, яка об'єднує результати контролю індивідуальних ВІТЕ і на додаток до них контролює за власними алгоритмами обладнання, що не має ВІТЕ. Так як, СМС нерозривно пов'язана з ВІТЕ, надалі будемо використовувати загальне поняття СМС технології.

Технології, що застосовуються експлуатантом, ІЕТР і ММЕЛ (ММЕЛ це довідник несправностей і умов, при яких авіакомпанія може про-

довжити виконувати польоти) ураховують при розрахунках експлуатаційну готовність A_o (*operational availability*).

Сучасна експлуатаційна документація створюється винятково програмними засобами і є електронною та інтерактивною (ІЕТР). Технологія створення заснована на використанні баз даних [14]. Комплект паперової документації генерується тільки за потреби. Такий підхід скорочує кількість помилок, неповних описів, витрат експлуатанта.

Закладена (або конструктивна) готовність літака A_i як комплексний показник ефективності експлуатаційної технологічності може бути розрахована за такою формулою [1]:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}}{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} + \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i R_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}}, \quad (2)$$

де $MTBF$ – середній наробіток літака на відмову; $MTTR$ – середня тривалість відновлення літака; n – кількість замінних компонентів; λ_i – інтенсивність відмов n -го компонента; R_i – середня тривалість відновлення n -го компонента;

Приклад залежності $MTBF$ від A_i і $MTTR$ наведено на рис. 2 [1].

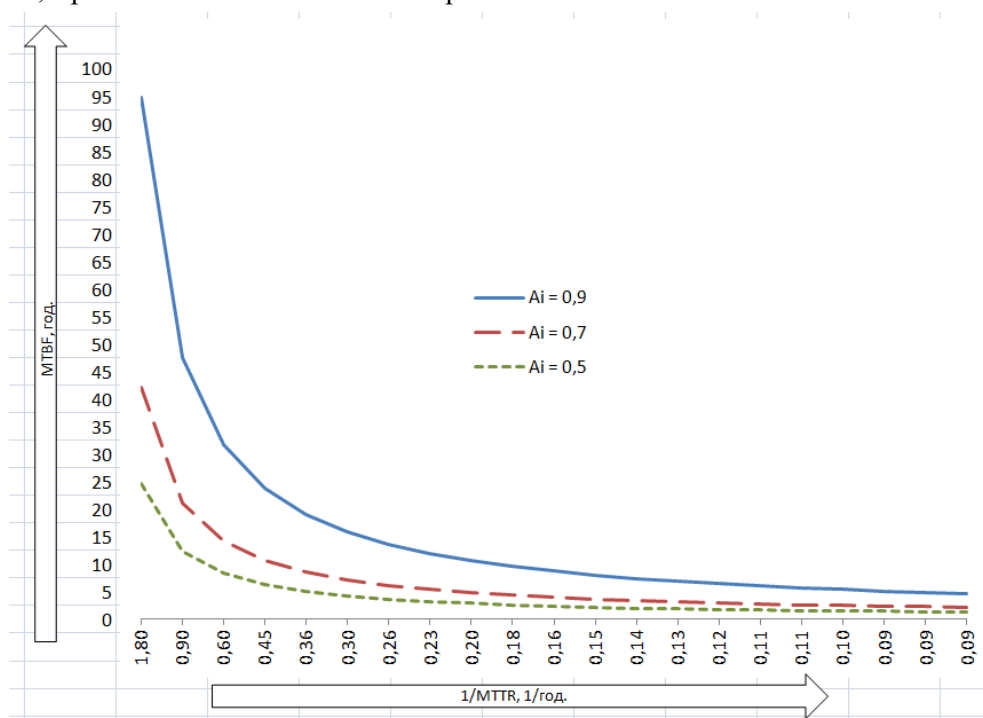


Рис. 2. Залежність $MTBF$ від A_i і $MTTR$ [1]

Необхідно відзначити, що показник A_i характеризує проект з точки зору надійності та експлуатаційної технологічності й враховує тільки позапланове технічне обслуговування. Як показують графіки на рис. 2, для досягнення заданого показника A_i та компенсації зниження надійності необхідно підвищити $MTTR$.

На показник $MTTR$ безпосередньо впливає контролепридатність, а саме впровадження BITE і CMS технологій.

У свою чергу експлуатаційна готовність літака A_o розраховується з урахуванням простоїв на планове та позапланове ТО й так званих не конструктивних факторів, тобто чисто експлуатаційних [1].

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} = \frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}}{\frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i} + \frac{\sum_{i=1}^n m_i R_i}{\sum_{i=1}^n m_i}},$$

де $MTBM$ - середній наробіток між ТО (плановим і позаплановим); MDT - середня тривалість простою на ТО.

До даних факторів можна віднести саме застосування інтерактивної електронної експлуатаційної документації (ІЕЕД/ІЕТР) [15, 18] і головного переліку мінімального обладнання (ГПМО/ММЕЛ), так як на MDT безпосередньо впливає застосування технологій ІЕТР і ММЕЛ.

Однак ці технології, як і BITE і CMS, створюються та відповідно можуть бути оцінені вже на етапі проектування тому, що від їхньої глибини реалізації та ступеню їх інтеграції на пряму вже залежить показник A_i . Контролепридатність також як і готовність може бути закладеною (конструктивною), а також досягнутої при експлуатації [16,19].

Отже, постає задача оцінки впливу впровадження розробником технологій CMS, ІЕТР, ММЕЛ на готовність літака до польотів.

Методика оцінки впливу впровадження розробником літака технологій CMS, ІЕТР, ММЕЛ

У даній статі запропонована методика оцінки впливу впровадження розробником літака технологій CMS, ІЕТР, ММЕЛ, як елементів сучасних інформаційних технологій контролю та інтерактивної документації, на показник готовності літака до польотів A_i , яка складається з трьох етапів.

Етап 1. При реалізації CMS (K_t):

$$A_{i1} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR \cdot (1 - K_t)} = \frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}}{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} + \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i R_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} (1 - K_t)}$$

де K_t – коефіцієнт зниження тривалості операції по ТО з урахуванням впровадження технологій CMS,

Для прогнозування A_i доцільно розглянути сумарний і послідовно зростаючий ефект від K_t , K_d і K_m :

Етап 2. При реалізації CMS і ІЕТР (K_d):

$$A_{i2} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR_t \cdot (1 - K_d)} = \frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}}{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} + \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i R_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} (1 - K_d)}$$

де K_d – коефіцієнт зниження тривалості операції по ТО з урахуванням впровадження технологій CMS і ІЕТР, $MTTR_t$ – середнє час відновлення з урахуванням CMS.

Етап 3. При реалізації CMS, ІЕТР і ММЕЛ (K_m):

$$A_{i3} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR_{td} \cdot (1 - K_m)} = \frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}}{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} + \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i R_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} (1 - K_m)}$$

де K_m - коефіцієнт зниження тривалості операції по ТО з урахуванням впровадження технологій CMS, ІЕТР і ММЕЛ, $MTTR_{td}$ – середній час відновлення з урахуванням CMS і ІЕТР

Методів і способів розрахунків A_i або A_o з урахуванням впливу цих факторів у сучасній

науковій літературі не наводиться. Безперечно Kt , Kd , Km для різних типів і призначення обладнання будуть відрізнятися та можуть задаватися з метою досягнення цільового показника Ai з урахуванням статистичних даних.

За допомогою розрахунків в MS Excel, що використовують реальні дані декількох сотень комп-

лектуючих виробів були отримані результати для різних рівнів Kt , Kd , Km : 0,5; 0,4; 0,3.

Фрагмент розрахунків в MS Excel наведений на рис. 3.

Результати для прийнятих значень Kt , Kd , Km , для регіонального пасажирського літака наведені в табл. Результати моделювання представлені на рис. 4.

ATA	Unit name	Part Number	Qty	CMT, min	CMT (R), h	Fault rate (1/MTBF) incl NFF	Confirmed fault rate (1/MTBF)	Faults Q-ty (CM task frequency)	Annual CMT (R), h	CMS coverage (Kt)	Annual CMT, h (covered by CMS)	IETP coverage (Kd)	Annual R (covered by IETP)	MMEL coverage (Km)	Annual R, h (covered by MMEL)
2110001	Датчик давления	92295A010000	4	90	1,5	8,6E-06	1,5E-05	0,088	0,13158	0,06579	0,039474	0,039474	0,0276318		
2110003	Датчик температуры	92297A010000	4	90	1,5	9,7E-06	1,6E-05	0,099	0,14841	0,074205	0,044523	0,044523	0,0311661		
2110005	Датчик перепада давл	92296A010000	4	90	1,5	5,6E-06	9,5E-06	0,057	0,08568	0,04284	0,025704	0,025704	0,0179928		
2110007	Клапан регулировки	60091A010000	5	90	1,5	1,7E-05	2,9E-05	0,217	0,325125	0,1625625	0,0975375	0,0975375	0,06827625		
2110009	Двойной теплообмен	2963A010000	5	90	1,5	8,9E-06	1,5E-05	0,113	0,1702125	0,08510625	0,05106375	0,05106375	0,035744625		
2110011	Клапан регулировки	6779A010000	1	90	1,5	2,5E-05	4,3E-05	0,064	0,095625	0,0478125	0,0286875	0,0286875	0,02008125		
2110015	Датчик температуры	92298A010000	8	90	1,5	7,6E-06	1,3E-05	0,155	0,23256	0,11628	0,069768	0,069768	0,0488376		
2110017	Машина воздушного	3472A010000	2	90	1,5	4,8E-05	8,2E-05	0,245	0,3672	0,1836	0,11016	0,11016	0,077112		
2110019	Конденсатор-подогре	2964A010000	1	90	1,5	6,7E-06	1,1E-05	0,017	0,0256275	0,01281375	0,00768825	0,00768825	0,005381775		
2110022	Влагоотделитель	8919A010000	2	90	1,5	3,7E-06	6,3E-06	0,019	0,028305	0,0141525	0,0084915	0,0084915	0,00594405		
2110024	Клапан обратный	71327	4	90	1,5	1,6E-06	2,7E-06	0,016	0,02448	0,01224	0,007344	0,007344	0,0051408		
2110026	Преобразователь охл	1782A010000	2	90	1,5	7,0E-07	1,2E-06	0,004	0,005355	0,0026775	0,0016065	0,0016065	0,00112455		
2110028	Регулятор давления	60089A010000	2	90	1,5	8,3E-06	1,4E-05	0,042	0,063495	0,0317475	0,0190485	0,0190485	0,01333395		
2110029	Клапан регулировки	7043A010000	2	90	1,5	5,9E-05	9,9E-05	0,296	0,4437	0,22185	0,13311	0,13311	0,093177		
2110032	Датчик температуры	92292A010000	1	90	1,5	8,9E-06	1,5E-05	0,023	0,0340425	0,01702125	0,01021275	0,01021275	0,007148925		
2110034	Вентилятор системы	39276A010000	1	90	1,5	2,2E-05	3,7E-05	0,056	0,08415	0,042075	0,025245	0,025245	0,0176715		
2110036	Фильтр системы рец	1781A010000	1	90	1,5	2,1E-06	3,6E-06	0,005	0,0080325	0,00401625	0,00240975	0,00240975	0,001686825		
2110038	Вентилятор	ЭВ-1,4-3660	2	90	1,5	2,8E-06	4,8E-06	0,014	0,02142	0,01071	0,006426	0,006426	0,0044982		
2110043	Электронагреватель	7064	1	90	1,5	7,0E-07	1,2E-06	0,002	0,0026775	0,00133875	0,00080325	0,00080325	0,000562275		
2110050	Датчик температуры	92299A010000	1	90	1,5	2,7E-05	4,6E-05	0,069	0,103275	0,0516375	0,0309825	0,0309825	0,02168775		

Рис. 3. Фрагмент розрахунків в MS Excel®

Таблиця

Результати для прийнятих значень Kt , Kd , Km

Показник	Опис	Умови	Результат
Готовність літака Ai_0	Без урахування або реалізації технологій CMS, IETP і MMEL	$Kt = 0$, $Kd = 0$, $Km = 0$	0,973
Готовність літака Ai_1	Етап розрахунків 1 При впровадженні технологій CMS	$Kt = 0,5$, $Kd = 0$, $Km = 0$	0,986
Готовність літака Ai_2	Етап розрахунків 2 При впровадженні технологій CMS, IETP	$Kt = 0,5$, $Kd = 0,4$, $Km = 0$	0,992
Готовність літака Ai_3	Етап розрахунків 3 При впровадженні технологій CMS, IETP і MMEL	$Kt = 0,5$, $Kd = 0,4$, $Km = 0,3$	0,994

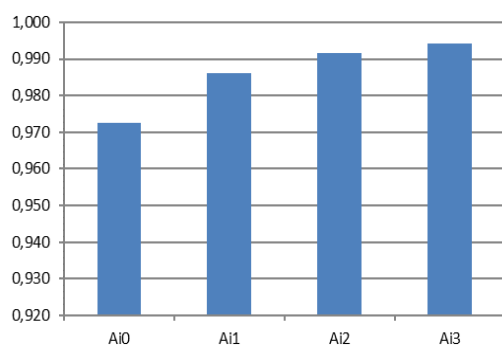


Рис. 4. Результати моделювання Ai

Висновки

Таким чином, результати моделювання (рис. 4). показують, що значення готовності літака до польотів Ai змінюються в межах у діапазоні 0,913...0,994, при ефективному впровадженні та застосуванні технологій CMS, IETP і MMEL на етапі проектування, що відповідає зниженню неготовності до вильоту для одного літака від 87 до 6 на 1000 польотів.

При цьому, скорочується кількість необґрунтовано відправлених комплектуючих виробів у ремонт. Крім цього показник MTTR літака при

$Kt = 0,5$, $Kd = 0,4$ знижується в 3 рази, а відповідно і витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] MIL-HDBK-470A. Designing and Developing Maintainable Products and Systems. 1997. 719 p.
- [2] Benjamin S. Blanchard. Logistics Engineering And Management. Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998. 526 p.
- [3] Louis Y. Ungar. Causes and Costs of No Fault Found Events. Advanced Test Engineering (A.T.E.) Solutions, Inc. El Segundo, CA, IPC APEX EXPO 2015, 36 p.
- [4] Zhang J. J., Liu Z., Li F., Dong D. Y., Liu H. T. Interactive simulation design for civil aircraft cockpit assessment and optimization. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2019. Vol.459. pp. 2160–2168.
- [5] Tan W., Boy G. A. Tablet-based information system for commercial aircraft: Onboard Context-Sensitive Information System. 15th International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, July 2018, pp. 701–712.
- [6] Hagen C. I., Brouwers G. Reducing software life-cycle costs by developing configurable software. IEEE Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference, May 1994, pp. 1182–1187.
- [7] Sudolsky M.D. ARINC 573/717, 767 and 647A: The logical choice for maintenance recording and IVHM interface control or frame updates. Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society, September 2009.
- [8] Tan W., Jiang Y. An Overview of Paper Documentation Moving to Onboard Information System (OIS) for Commercial Aircraft. 22nd International Conference on Human-Computer Interaction, July 2020, pp. 116–126.
- [9] Kadner K., Roussel D. Documentation for aircraft maintenance based on topic maps. 2nd International Conference on Topic Maps Research and Applications, October 2006, pp. 56–61.
- [10] Peterson G. D., Hines J. W. Advanced avionics system development: Achieving systems superiority through design automation. IEEE Aerospace Conference, March 1998, pp. 231–238.
- [11] K. Bain and David G. Orwig, F/A-18E/F Built-in-test (BIT) Maturation Process, Proceedings of NDIA Third Annual Systems Engineering & Supportability Conference, August 2000, p. 419–429.
- [12] K. Westervelt, Applying the Quality Function Deployment on the V-22 Osprey, 2010 IEEE Aerospace Conference, 2010, p. 212.
- [13] Kinseng K, Holt M, Precht M., Physics of failure assessment of a cruise control module, Microelectronics Reliability 39,1999, pp. 1423–1444.
- [14] ASD S1000D International specification for technical publications using a common source database. AeroSpace and Defence Industries Association of Europe, Aerospace Industries Association of America, ATA e-Business Program, 2019. 3503 p.
- [15] Gerald J. Belcher, Randy P. Neisler. Cost-Benefit Assessment of Interactive Electronic Technical Manuals in Navy Training and Education. Logistics Management Institute Corporate Ridge Mclean, Virginia, 2000, 53 p.
- [16] Esker, E.A., Martin, J., Simpson, W.R., Sheppard, J.W, Integrating Design for Testability and Automatic Testing Approaches, IEEE Systems Readiness Technology Conference, Maryland, USA, 1990; pp 509–514.
- [17] Niebel B.W. Engineering Maintenance Management. New York, Marcel Dekker, 1994. 247 p.
- [18] Тачинін Є. В. Передумови розробки методики оцінки впливу сучасних інформаційних технологій контролю на готовність літака до польотів // АВІА-2025: XVII МНК, Київ, Держ. ун-т «Київський авіаційний інститут, 22–24 квітня, 2025: Матеріали конференції. 5 с.
- [19] Тачинін Є. В., Єнчев С. В. Методологічні основи створення методики забезпечення експлуатаційної технологічності авіоніки на стадії проектування // СЕУТТОО-2024: XV МНПК «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування», 13–15 березня 2024 р., тези доп. Одеса : ХДМА. С. 89–91.

Тачинін Є. В., Єнчев С. В.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТРОЛЮ ТА ІНТЕРАКТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА ГОТОВНІСТЬ ЛІТАКА ДО ПОЛЬОТІВ

Упродовж останніх років спостерігаються значні зміни в розвитку авіаційної техніки та поява нових тенденцій та підходів до її технічної експлуатації. Успішне виконання цих завдань багато в чому визначається конструкцією авіаційної техніки, її придатності до виконання експлуатаційних і ремонтних робіт з використанням найбільш економічних з точки зору трудових і часових витрат технологічних процесів. Ці нові тенденції та підходи можна охарактеризувати як перехід у області технічної експлуатації на сучасні інформаційні технології. Обладнання літаків нового покоління базується на використанні обчислювальних компонентів і мережесих технологій. Це дозволяє значно зменшити вагу та розміри обладнання, також підвищити обчислювальні і, як наслідок, функціональні можливості. У бортові системи широко впроваджуються інформаційні технології самоконтролю, які дозволяють значно знизити тривалість пошуку та усунення несправностей та

зменшують необхідність у наземних засобах контролю. Крім цього відбулася якісна зміна експлуатаційної документації, вона стала не тільки електронною, але й інтерактивною. При цьому, вона при впровадженні сучасних стандартів стає усе більш змістовною та зручною. Метою дослідження є розробка методики раннього прогнозування та детальної оцінки всіх видів обладнання, яка дозволяє проаналізувати експлуатаційну технологічність з урахуванням можливостей діагностики та усунення несправностей, конструкції замінного компоненту (виробу) й інтенсивності відмов. Виконано оцінку впливу впровадження розробником технологій CMS, IETP, MMEL на готовність літака до польотів. Результати моделювання показують, що значення готовності літака до польотів змінюються в межах у діапазоні 0,913...0,994, при ефективному впровадженні та застосуванні технологій CMS, IETP і MMEL на етапі проектування, що відповідає зниженню неготовності до вильоту для одного літака від 87 до 6 на 1000 польотів.

Ключові слова: експлуатаційна технологічність, контролепридатність, технічне обслуговування, готовність, літак.

Tachinin E. V., Yenchев S. V.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE IMPACT OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES FOR CONTROL AND INTERACTIVE DOCUMENTATION ON AIRCRAFT READINESS FOR FLIGHT

In recent years, there have been significant changes in the development of aviation technology and the emergence of new trends and approaches to its technical operation. The successful completion of these tasks is largely determined by the design of aviation technology, its suitability for operational and repair work using the most economical technological processes in terms of labor and time costs. These new trends and approaches can be characterized as a transition in the field of technical operation to modern information technologies. The equipment of new-generation aircraft is based on the use of computing components and network technologies. This allows for a significant reduction in the weight and size of the equipment, as well as an increase in computing and, as a result, functional capabilities. Self-monitoring information technologies are widely implemented in onboard systems, which significantly reduce the time required to search for and eliminate malfunctions and reduce the need for ground control measures. In addition, there has been a qualitative change in operational documentation, which has become not only electronic but also interactive. At the same time, with the introduction of modern standards, it is becoming increasingly informative and convenient. The aim of the study is to develop a methodology for early forecasting and detailed assessment of all types of equipment, which allows analyzing operational performance taking into account the possibilities of diagnostics and troubleshooting, the design of the replacement component (product), and the intensity of failures. An assessment of the impact of the developer's implementation of CMS, IETP, and MMEL technologies on aircraft flight readiness has been carried out. The simulation results show that aircraft flight readiness values vary within the range of 0.913...0.994, with the effective implementation and application of CMS, IETP, and MMEL technologies at the design stage, which corresponds to a reduction in flight unavailability for one aircraft from 87 to 6 per 1,000 flights.

Keywords: operational manufacturability, controllability, maintenance, readiness, aircraft.

Стаття надійшла до редакції 30.05.2025 р.

Прийнято до друку 11.06.2025 р.