

УДК 629.735.017.1(045)

О.Г. КУЧЕР, П.О. ВЛАСЕНКО

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ. ЇЇ КОНТРОЛЬ ТА АНАЛІЗ В АВІАКОМПАНІЇ

Розглянута Програма надійності авіакомпанії. Приведений зв'язок між системами збору даних, аналізу даних, робочих стандартів, коригувальних дій та відображення даних. Наведені показники надійності двигунів, що використовуються при контролі, моніторингу та аналізі стану надійності функціональних систем, підсистем та агрегатів двигунів, при визначенні технічної готовності двигуна до польоту. Розглянутий контроль стану надійності функціональних систем, підсистем та комплектуючих виробів двигунів по відмовам, виявленим в польоті, на землі та в експлуатації. Проаналізовано стан надійності повітряних суден B737-300/400/500, що експлуатуються авіакомпанією за 2010 рік. Проведений індивідуальний контроль та аналіз стіну надійності повітряних суден за системами та підсистемами двигунів.

Ключові слова: надійність, безпека польотів, показники надійності, контрольний рівень надійності, аналіз надійності.

Введення

Стан надійності двигунів повітряних суден (ПС) безпосередньо впливає на безпеку польотів та льотну придатність авіаційної техніки (АТ). З кожним роком вимоги з льотної придатності та безпеки польотів підвищуються, що пояснюється бажанням міжнародних організацій звести кількість інцидентів до мінімуму і зробити авіаційні перевезення безпечними для життя і здоров'я людини. Тому дотримання вимог з льотної придатності та безпеки польотів є необхідною умовою для отримання дозволу на проведення рейсів. Для забезпечення цих вимог необхідно постійно проводити моніторинг, контроль та аналіз стану надійності повітряних суден, а особливо двигунів.

1. Програма Надійності авіакомпанії

Для ефективної експлуатації авіаційної техніки в авіакомпаніях використовуються Програма надійності та Програма технічного обслуговування. Вони дозволяють оптимізувати ресурсні та кошторисні витрати авіакомпанії шляхом постійного контролю за станом надійності АТ, проведенням своєчасного технічного обслуговування ПС та матеріально-технічного забезпечення авіакомпанії.

Програма надійності авіакомпанії знаходиться в тісному зв'язку з процесом експлуатації ПС. В залежності від змін в експлуатації АТ вносяться зміни до Програми надійності і навпаки, при внесенні змін до Програми надійності змінюється і мо-

дель експлуатації ПС. Програма Надійності авіакомпанії складається з систем збору даних, аналізу даних, робочих стандартів, корегувальних дій та системи відображення даних (рис. 1).

Система збору даних призначена для збору даних про відмови, несправності та напруження ПС, що беруться з бортових журналів, звітів пілотів, звітів з проведення оперативного та періодичного технічного обслуговування, записів планово-диспетчерського відділу. Зібрані дані систематизуються для зручності подальшої роботи з ними. В системі обробки та аналізу даних проводиться оцінка, контроль, моніторинг, та прогнозування даних про відмови та наробітки. Розраховані значення показників надійності порівнюються із гранично-допустимими рівнями, проводиться моніторинг та аналіз стану надійності АТ в часі для різних підконтрольних структурних елементів ПС. Система робочих стандартів призначена для встановлення контрольних рівнів для літаків в цілому, основних виробів, видів обладнання, систем, підсистем та агрегатів ПС та визначення оптимальних формул для розрахунку показників надійності АТ. В системі корегувальних дій при виявленні небезпечних трендів або виходів значень показника надійності за допустимі межі формується список робіт, що необхідно виконати для підвищення стану надійності ПС. На основі даного списку та розрахованих значень показників надійності в системі відображення даних формуються звіти про стан надійності літака в цілому, за видами обладнання, системами, підсистемами і агрегатами ПС. Дані звіти надаються до відділу з на-

дійності експлуатанта, заводам-виробникам АТ, Центру експлуатаційної надійності авіаційної техніки, Державіадміністрації, де приймаються рішення по наданню сертифікату на проведення ПС авіаційних перевезень, внесенню змін до Програми надійності та Програми ТО, зміні ресурсів АТ або переводу компонентів АТ на обслуговування за технічним станом. Взаємодія Розробників, Виробників та

Експлуатантів АТ забезпечують поточний рівень надійності ПС, їх конструктивно-технологічне удосконалення в процесі серійного виробництва та експлуатації, збільшення ресурсу, якості та стабільності виробництва і ремонту, удосконалення процесів технічного обслуговування та діагностування, матеріально технічного постачання.



Рис. 1. Програма Надійності авіакомпанії

2. Показники надійності двигунів

Згідно Програми надійності авіакомпанії для проведення контролю та моніторингу стану надійності двигунів, як одного з основних складових ПС, використовуються спеціальні показники надійності (табл. 1). Для визначення стану надійності функціональних систем (АТА), підсистем та агрегатів ПС, які входять до складу двигунів, використовуються напрацювання на відмову (Т) та показник K_{1000} . Для визначення технічної готовності двигунів до польоту використовуються показники запланованих та незапланованих знімів двигуна та вимкнення двигуна в польоті.

Контроль та моніторинг стану надійності проводиться на основі інформації про відмови та несправності, які були виявлені в польоті (PIREP) та при проведенні технічного обслуговування на землі (MAREP). Всі відмови можна класифікувати на ті, що були виявлені в польоті, на землі, в експлуатації (PIREP+MAREP), що призвели до затримки, або відміни рейсів та інцидентів. В залежності від того, який вид відмов використовується, мета аналізу відрізняється. Так, аналіз по відмовам, виявленим в польоті, визначає стан безпеки польотів, по відмо-

вам, зареєстрованим при ТО - якість виконання технічного обслуговування, а по відмовам, виявленим в експлуатації (в польоті і на землі) – ефективність експлуатації авіаційних двигунів (АД).

3. Контроль та аналіз стану надійності двигунів

Для оцінки, контролю, моніторингу та аналізу стану надійності АД дані про відмови (дата, код, місце виявлення, тип і бортовий номер ПС, опис відмови та прийняті міри), напрацювання (в годинах, польотних циклах), розраховані значення показників надійності заносяться до таблиці (рис. 2). Такий вид запису даних є найбільш зручним для подальшої роботи з ними та проведення аналізу кожної відмови окремо. Записи таблиці можуть бути проіндексовані в хронологічному порядку дата+борт або борт-дата та структурному – код АТА+дата. Користуючись інформацією з таблиці для кожної відмови можна визначити місце її виявлення з точністю до функціональної системи, функціонального модуля або комплектуючого виробу (агрегата), проаналізувати прийняті міри по її усуненню.

Таблиця 1

Показники надійності двигунів

Кількість відмов, виявлених в польоті на 1000 годин напрацювання	$K_{1000П} = \frac{\text{Кількість відмов, виявлених в польоті}}{FH} 1000,$ де FH – напрацювання в годинах
Кількість відмов, виявлених в польоті на 100 польотних циклів	$K_{100П} = \frac{\text{Кількість відмов, виявлених в польоті}}{FC} 100,$ FC – кількість польотів
Кількість відмов, виявлених на землі на 1000 годин напрацювання	$K_{1000З} = \frac{\text{Кількість відмов, виявлених на землі}}{FH} 1000$
Кількість відмов, виявлених на землі на 100 польотних циклів	$K_{100З} = \frac{\text{Кількість відмов, виявлених на землі}}{FC} 100$
Кількість відмов, виявлених в експлуатації на 1000 годин напрацювання	$K_{1000Е} = \frac{\text{Кількість відмов, виявлених в експлуатації}}{FH} 1000$
Кількість відмов, виявлених в експлуатації на 100 польотних циклів	$K_{100Е} = \frac{\text{Кількість відмов, виявлених в експлуатації}}{FC} 100$
Кількість відмов, що призвели до затримки рейсів на 100 польотних циклів	$K_{100ЗР} = \frac{\text{Кількість відмов, що призвели до затримки рейсів}}{FC} 100$
Показник незапланованих зніманий двигуна на 1000 годин напрацювання	$URR = \frac{\text{Кількість незапланованих зніманий двигуна} \cdot 1000}{Qty \cdot FH},$ де Qty – кількість однотипних агрегатів на повітряному судні
Напрацювання на незаплановане зняття двигуна	$MTBUR = \frac{Qty \cdot FH}{\text{Кількість незапланованих зніманий двигуна}}$
Показник планових зніманий двигуна на 1000 годин напрацювання	$SRR = \frac{\text{Кількість планових зніманий двигуна} \cdot 1000}{Qty \cdot FH}$
Напрацювання на планове зняття двигуна	$MTBSR = \frac{Qty \cdot FH}{\text{Кількість планових зніманий двигуна}}$
Показник вимкнень двигуна в польоті на 1000 годин напрацювання	$IFSD = \frac{\text{Кількість вимкнень двигуна в польоті} \cdot 1000}{Qty \cdot FH}$
Середній показник вимкнень двигуна в польоті	$IFSD \text{ Aver} = 1/12 \sum_{i=1}^{12} IFSD_i, \text{ де } \sum_{i=1}^{12} IFSD_i - \text{сума показників вимкнень}$ двигуна в польоті за останні 12 місяців
Напрацювання на вимкнення двигуна в польоті	$MTBIFSD = \frac{Qty \cdot FH}{\text{Кількість вимкнень двигуна в польоті}}$
Показник заміни двигуна на 1000 годин напрацювання	$ERR = \frac{\text{Кількість заміни двигунів} \cdot 1000}{Qty \cdot FH}$
Напрацювання на заміну двигуна	$MTBER = \frac{Qty \cdot FH}{\text{Кількість заміни двигунів}}$

Визначення стану надійності двигунів проводиться за допомогою автоматизованої системи контролю стану надійності парку ПС авіакомпанії. Моніторинг, контроль і аналіз стану надійності пропонується проводити для чотирьох структурних рівнів (літак в цілому і основні виробни, функціональні системи, підсистеми (функціональні модулі), та агрегати) для чотирьох видів реєстрації відмов (виявлених

в повітрі, на землі, в експлуатації, та тих, що призвели до затримки або відміни рейсів). Окремо проводиться аналіз повторних відмов, відмов, що призвели до інциденту та контроль проведення відкладеного технічного обслуговування (DTI).

При проведенні контролю стану надійності двигунів розраховані значення показника надійності порівнюються з контрольними рівнями. Верхня кон-

трольна межа (ВКМ) визначається за формулою:

$$ВКМ = m + 2,5 * \sigma,$$

де

$$m = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} k_{1000i};$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (k_{1000i} - m)^2}{12}};$$

k_{1000i} – показник надійності k_{1000} за i -й місяць.

date	req. no	ata	description	action	d...	e...	period	ac
20.06.2010	UR-VVE	7320	A/T failed to set TO thrust to ENG #2: 84.0% instead of 94.3% N1; manual thrust lever position movement was needed to set desired take off thrust.	Def, per MEL 73-7. Opened CI#98569C. T/H PMC System is INOP. Both PMCs remain OFF. Work was performed i.a.w. AMM 73-21-01/401p. CI#98569C was cleared.	PA	CF	6-2010	B737-400
30.06.2010	UR-VVE	7310	Pilot's report: "Right engine flameout at flight level 230. During climb after take-off from GYD engines start in flight were successful".	INCIDENT. Works were performed i.a.w. JS #15817, 15818, 15819. Engine run up after borescope inspection need to be performed (oil leak from N2 drive pad). Performed MEC fuel shut-off lever position check i.a.w. AMM 71-00-59/114. Check is OK.	PA	CF	6-2010	B737-400
01.07.2010	UR-DNC	7330	Crew report: "There was flashing of fuel FILTER BYPASS light once during the flight for 1 sec".	Delay > 15 min. Defect was confirmed by maintenance staff. Fuel filters of ENG #1 and ENG #2 were removed and replaced i.a.w. MM 71-00-59. All tanks were defueled and refueled. ENG #1 and ENG #2 run up to idle. Check is OK. For	PA	CF	7-2010	B737-500
31.07.2010	UR-IVK	7310	During Eng #2 start fuel leakage has occurred from the fuel drain.	Delay > 15 min. Defect was confirmed by maintenance staff. Eng #2 fuel pump package was removed and replaced i.a.w. AMM 73-11-01/401. Check is OK. The planned flights were performed at UR-VRE, UR-VVN, UR-VVQ, UR-VVA.	PG	CF	7-2010	B737-300
15.03.2010	UR-VVP	7430	After position "GRD" during ENG start R/H ENG Start Switch goes to "OFF" position.	Def, per MEL 80-2-2. Opened CI# 107306C. T/H Engine Start Switch doesn't hold at BRD position. 18.03.2010. ENG #2 Start Valve Switch was cleaned i.a.w. AMM 50-11-00. Check is OK. CI# 107306C still opened.	PG	CF	3-2010	B737-400

Рис. 2. Дані про відмови, виявлені в експлуатації ПС В737–300/400/500 за 2010 рік

На рис. 3 наведена таблиця контролю стану надійності двигунів ПС В737–300/400/500 за функціональними системами за 2010 рік. Для кожної функціональної системи двигуна по місяцям та за весь контрольований період (зазвичай береться квартал, півріччя або рік експлуатації) визначається кількість відмов та показник надійності K_{1000} що порівнюється з контрольним рівнем надійності UCL за попередній рік експлуатації. В результаті автоматичного аналізу виділяються системи та періоди в яких зна-

чення розрахованого показника надійності перевищує значення контрольного рівня. Якщо така подія відбулася один раз за період, в останньому стовпчику таблиці вписується «Yel», якщо більше двох разів – «Red». З рисунку видно, що для систем 71 (силова установка), 72 (газотурбінний двигун). 75 (система відбору повітря) за 2010 рік перевищення контрольного рівня відбулося в одному місяці, для 74 (система запалювання) в двох місяцях, 80 (система запуску) – трьох.

		Янв 2010		Февр 2010		Март 2010		Апр 2010		Май 2010		Июнь 2010		Июль 2010		Авг 2010		Сент 2010		Окт 2010		Нояб 2010		Дек 2010		Год							Тенд
Сис.	Название	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	Ц	Р	CF	AC	NP	UCL	Ст-с	
		NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	NR	Peatr	Peatr	Peatr	Peatr	Peatr	Peatr	
49	БОРТОВАЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ СИСТЕ	1	0.14	5	0.74	5	0.42	7	0.72	5	0.69	5	0.14	4	0.25	5	0.58	6	0.42	5	0.17	5	0.28	15	1.25	66	0.48	42	11	13	1.06	Yel	
71	СИЛОВАЯ УСТАНОВКА							1	0.10			5	0.21			1	0.06			1	0.08	1	0.09			7	0.05	1	1	5	0.13	Yel	
72	ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ	11	1.54									1	0.07			5	0.19			5	0.17					17	0.12	10	5	5	0.24	Yel	
73	ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА ДВИГАТЕЛЯ	1	0.14							1	0.08	5	0.21	2	0.13				1	0.07	1	0.08					9	0.06	6	2	1	0.47	CI
74	СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ					1	0.14							1	0.06	1	0.06			5	0.17			1	0.08	6	0.04	4	1	1	0.11	Yel	
75	СИСТЕМА ОТБОРА ВОЗДУХА																					1	0.09			1	0.01			1	0.08	Yel	
76	СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ	1	0.14																	1	0.08					2	0.01			2	0.18	CI	
77	ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ДВИГАТЕЛЯ					1	0.14	1	0.10	1	0.08	1	0.07	2	0.13								1	0.08			9	0.06	8	1	3	0.38	CI
78	СИСТЕМА ВЫХОЛА	1	0.14			1	0.14	1	0.10	1	0.08	2	0.14	1	0.06	1	0.06	5	0.21							11	0.08	6	5	5	0.54	CI	
79	МАСЛЯНАЯ СИСТЕМА											1	0.07	1	0.06											2	0.01	1	1		0.09	CI	
80	СИСТЕМА ЗАПУСКА	5	0.28							5	0.23			2	0.13	4	0.26	1	0.07				1	0.09	1	0.08	14	0.10	11	1	2	0.19	Red
Всего	Сис. 21-49	56	7.87	59	8.77	46	6.43	59	6.08	124	9.58	108	7.51	143	9.02	138	8.91	117	8.16	79	6.57	119	11.02	124	10.32	117	8.46	641	369	162	11.58	CI	
Всего	Сис. 51-57	5	0.42	4	0.59	5	0.42	5	0.31	8	0.62	5	0.21	5	0.37	10	0.65	6	0.42	5	0.17	5	0.19	10	0.83	63	0.45	19	40	4	1.09		
Всего	Сис. 71-80	16	1.25			5	0.42	5	0.31	6	0.46	11	0.76	9	0.57	12	0.77	5	0.35	7	0.58	5	0.28	5	0.25	78	0.56	47	11	20	1.24		
Всего		75	10.53	63	9.36	52	7.27	65	6.69	138	10.66	122	8.48	161	10.12	160	10.33	128	8.93	88	7.32	124	11.48	137	11.46	131	9.47	707	420	186	12.70		
																													</				

Рис. 3. Контроль стану надійності функціональних систем двигунів ПС В737–300/400/500 в польоті за 2010 рік

Для проблемних систем пропонується проводити моніторинг стану надійності за тривалий період часу, щоб можна було відстежити, як змінювався стан на-

дійності систем двигуна з плином часу. На рис. 4 наведений моніторинг стану надійності систем двигуна ПС В737–300/400/500. В якості періоду було обрано 7 ро-

ків (2004-2010). На графіках наведені фактичні значення показника надійності (суцільна лінія), згладжені значення за квартал (штрих-пунктирна лінія), згладжені значення за рік (пунктирна лінія) і два контрольних рівні – встановлений експлуатантом на основі даних за попередній рік (пунктирна лінія) та встановлений фір-

мою-розробником АД (суцільна лінія). Значне погіршення стану надійності фіксується при перевищенні згладженою (за квартал) кривою контрольного рівня. Для 72 (газотурбінний двигун) та 73 (паливна система двигуна) систем це спостерігається відповідно на початку 2010 та в середині 2009 років.

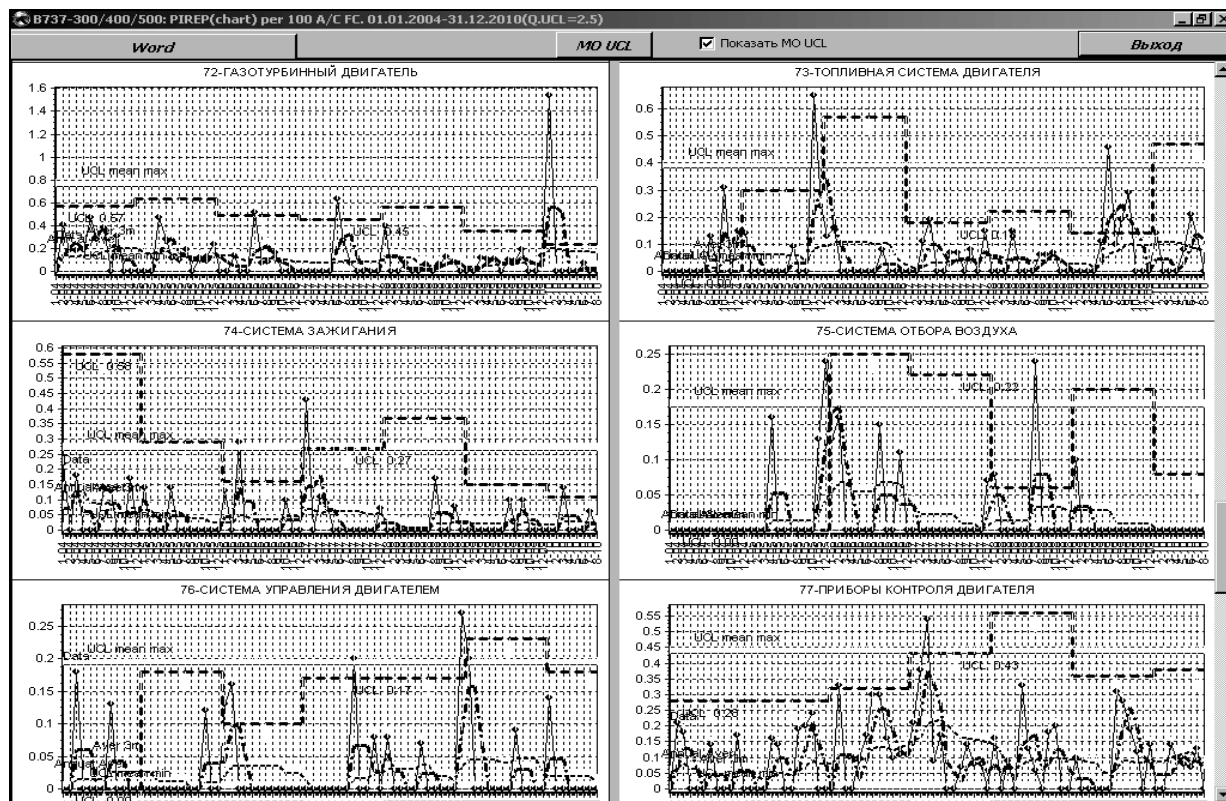


Рис. 4. Моніторинг стану надійності функціональних систем двигунів ПС В737–300/400/500 за 2004-2010 роки

Для більш глибокого структурного аналізу зміни стану надійності двигунів проводиться контроль та моніторинг надійності за підсистемами.

На рис. 5 наведена загальна таблиця контролю стану надійності підсистем двигунів ПС В737–300/400/500 по відмовам в польоті за 2010 рік. Для підсистеми (п/с) 7110 (капот) 71 системи (силова установка) значення контрольного рівня було перевищено два рази в квітні та червні місяцях, для п/с 7410 (електроживлення) – 1 раз, для п/с 8010 (розкручування двигуна) виявлена підвищена кількість відмов в різних місяцях експлуатації, в п/с 7220, 7230, 7241 та 7430 відмови виявлені вперше, що також свідчить про погіршення стану надійності. За календарем значиме погіршення стану надійності відмічено в січні.

Останнім етапом при аналізі є визначення агрегатів, відмова яких призвела до зміни стану надійності підсистем, систем, а як результат і двигуна в цілому.

На рис. 6 наведена таблиця контролю та аналізу стану надійності агрегатів, що входять до складу

двигунів. В останньому стовпчику таблиці в комірку вписується літера "N", якщо перевищення значення показника надійності відбулося один раз за розглянутий період, "Y" – два рази, "R" – більше двох разів, "New" – нова відмова в останньому році, що спостерігається вперше за підконтрольний період.

Список агрегатів, що відмовили можна упорядкувати за кількістю відмов або показником надійності. З наведеної таблиці можна виділити список агрегатів, що відмовили, провести розслідування по виявленню відмов цих агрегатів, запропонувати корегувальні дії для підвищення їх стану надійності і попередженню відмов в майбутньому.

Для аналізу стану надійності конкретного борту, на рівні систем, підсистем чи агрегатів, пропонується використовувати карти надійності ПС. На рис. 7 наведена карта надійності бортів ПС В737–300/400/500 по функціональним системам, що входять до складу двигуна. В карті наводяться розраховані значення показника надійності по системам для кожного борту, значення контрольного рівня і результати автоматичного аналізу стану надійності бортів.

Рис. 5. Контроль стану надійності підсистем двигунів ПС В737–300/400/500 в польоті за 2010 рік

Для визначення технічної готовності АД до польоту дані про відмови, напрацювання, планові, незаплановані зняття двигунів, вимкнення двигунів в польоті і розраховані значення показників надійності заносяться до таблиці, наведеної на рис. 8. На основі даної статистики будуються графіки моніторингу – вимкнення двигунів в польоті, планових і незапланованих знімачів двигуна.

Висновки

Розглянутий аналіз стану надійності двигунів дозволяє виявити проблемні функціональні системи, підсистеми і агрегати та визначити причини погіршення їх стану. Запропонований аналіз можна використовувати для проведення робіт по підвищенню стану надійності, льотної придатності та безпеки польотів, попередження виникнення небезпечних відмов, планування ТО та формування пропозицій щодо внесення змін до Програми надійності та Програми ТО авіакомпанії.

Сист	Part Name	FN	ASN	QFA	Сух	2008	F	2009	F	2010	F	MTBF	MTBUR	URR	Стат	Стат	Стат	URR_F	URR_2008	URR_2009	URR_2010	Кат
49	GENERATOR:	976498-1;	24-22-250-031	2	2					2	2	76608	76608	0.013	0.067	14933	40520				0.040	
49	GENERATOR:	976498-1;	24-22-250-131	2	2					2	2	76608	76608	0.013							0.040	
49	APU FUEL SOV	106788A144	28-25-008-081	1	1					1	1	76608	76608	0.013	0.010	10002					0.040	N
49	APU FUEL SOV	106788A144	28-25-576-551	1	1					1	1	76608	76608	0.013							0.040	
49	APU OTCPS-129K:	380428-10-1;	49-00-688-011	1	14	8	8	1	1	5	5	5472	5472	0.183	0.140	7150	17875	0.175	0.252	0.050	0.200	N
49	Actuator Rotary	R6200ME-11	49-15-008-021	1	1	1	1					76608	76608	0.013				0.038	0.031			
49	APU COMBUSTION	3604524-45;	49-24-102-041	1	2					2	2	38304	38304	0.026							0.080	
49	APU	3605384-3;	49-24-314-011	1	2	1	1	1	1			38304	38304	0.026				0	0.025	0.031	0.050	
49	Atomizer:	3601193-4;	49-32-350-011	1	2	1	1			1	1	38304	38304	0.026	0.032	30921		0	0.025	0.031		0.040
49	VALVE, Valve	16789A144;	49-32-576-061	1	2	2	2					38304	38304	0.026				0	0.025	0.063		N
49	Fuel Control and	4503653A;	49-32-675-011	1	19	10	10	2	2	7	7	4032	4032	0.248	0.149	6669	18780	0.213	0.315	0.101	0.280	N
49	APU STARTER:	3603281-6;	49-42-686-011	1	7	4	4	2	2	1	1	10944	10944	0.091				0.100	0.126	0.101	0.040	
49	Starter, APU	3605812-22-1;	49-43-502-011	1	15	5	5	6	6	4	4	5107	5107	0.196	0.131	7636	11671	0.163	0.157	0.302	0.160	N
49	COOLING FAN	698427-18	49-51-210-011	1	1					1	1	76608	76608	0.013				0.050			0.040	
49	3-way solenoid;	320362-2-1;	49-52-576-121	1	25	20	20			5	5	3064	3064	0.326	0.306	3268	7038	0.313	0.629		0.200	N
49	Valve;	3605239-2;	49-52-576-551	1	8	4	4			4	4	9576	9576	0.104	0.043	23279	13967	0.050	0.126		0.160	
49	APU CTRL	65-52801-31; 65-	49-60-340-011	1	8	4	4	1	1	3	3	9576	9576	0.104				0.075	0.126	0.050	0.120	N
49	Speed Switch;	307130-7;	49-61-144-031	1	12	8	8			4	4	6384	6384	0.157	0.203	4925	14298	0.188	0.252		0.160	
49	APU CU, FADEC;	171256-100A;	49-61-144-071	1	3	3	3					25336	25336	0.039	0.040	25152	15091	0.038	0.094			
49	APU MASTER	111AT-25;	49-61-522-031	1	2	2	2					38304	38304	0.026				0	0.025	0.063		N
49	APU LOW OIL	698430-1;	49-61-522-041	1	8	5	5			3	3	9576	9576	0.104					0.063		0.120	N
49	APU LOW OIL	698430-1;	49-61-522-231	1	8	6	6			2	2	9576	9576	0.104	0.069	14490		0.098	0.189		0.080	N
49	Generator	2CM9AB47	49-73-250-011	1	1	1	1					76608	76608	0.013			0	0.013	0.031			
49	APU OIL COOLER	168661-3	-168661-3	1	1	1	1					76608	76608	0.013				0.013	0.031			
49	Sensor	179427-2	-179427-2	1	1	1	1					76608	76608	0.013				0.013	0.031			
49	LOW OIL PRES	179431-1	-179431-1	1				1	1			76608	76608	0.013				0.013		0.050		
49	FUEL CONTROL	4103-008	-4103-008	1						1	1	76608	76608	0.013							0.040	New
49	Fuel control and	4103-008 (016)	-4103-008-	1	1	1	1					76608	76608	0.013				0.013	0.031			
49	FUEL CONTROL	4103-008016	-4103-008016	1						1	1	76608	76608	0.013							0.040	New
49	APU PROBE	4951351;	-4951351	4				1	1	3	3	19132	19132	0.052				0.025		0.050	0.120	
49	APU PROBE	4951352	-4951352	1						1	1	76608	76608	0.013				0.013			0.040	
49	PROPORTIONAL	65603-100081	-65603-100081-	1						1	1	76608	76608	0.013							0.040	New
49	APU	9250168840	-9250168840	1						1	1	76608	76608	0.013							0.040	New
71	ENGINE INLET	314X010-10;	71-11-160-011	2	2	2	2					76608	76608	0.013				0.013	0.031			
71	FWD ENG MOUNT	96019-02; 96019-	71-23-295-041	4	2	1	1			1	1	15321	15321	0.007				0.003	0.008		0.010	
71	ENGINE, Engine 1:	CFM56-3B-2;	72-00-202-011	2	5	5	5					30643	30643	0.033				0.006	0.079			
72	ENGINE	CFM56-3B-2	72-00-202-011	2	1					1	1	15321	15321	0.007							0.020	
72	FAN BLADE, FAN	1663M24P01;	72-31-052-051	100	13	5	5			8	8	58929	58929	0.002				0.002	0.002		0.003	
72	FRONT SPINNER	335-106-402-0	-335-106-402-0	1	1	1	1					76608	76608	0.013				0.013	0.031			
73	FUEL PUMP	708600-5;	73-11-402-011	2	3			1	1	2	2	51072	51072	0.020				0.006		0.025	0.040	
73	POWER	7139M91001	73-21-144-021	2	1			1	1			15321	15321	0.007				0.019		0.025		
73	CIT SENSOR	8901-274	73-21-460-031	2	1					1	1	15321	15321	0.007				0.006			0.020	N
73	MEC, MEC, MEC	8065-215; 8063-	73-21-675-011	2	3					3	3	51072	51072	0.020	0.075	13315	49250	0.019	0.016	0.050	0.060	N
73	FUEL FLOW	87T124G0M1;	73-31-556-011	2	3			1	1	2	2	51072	51072	0.020				0.019				
73	FUEL FILTER DIFF	218N04-209A	73-35-522-271	2	1			1	1			15321	15321	0.007				0.006		0.025		N
73	Eng. 2 fuel supply	-109003-2	-109003-2	1	1	1	1					76608	76608	0.013				0.013	0.031			
74	ENGINEIGNITER	39501-9072215-	74-21-382-011	4	8	3	3	2	2	3	3	38304	38304	0.026				0.022	0.024	0.025	0.030	N
74	LEAD IGNITION	9043185-13;	74-21-602-031	2	12	3	3	4	4	5	5	12768	12768	0.078				0.063	0.047	0.101	0.100	N
75	HPT CLEARANCE	7061M11005;	75-25-576-471	2	4	1	1	2	2	1	1	38304	38304	0.026				0.025	0.016	0.050	0.020	N
75	VARLAB STATOR	3289630-2	80-11-576-081	2	1					1	1	15321	15321	0.007				0.031			0.020	
77	Indicator, 1 RPM	W1101EED3;	77-12-284-021	2	7	6	6	1	1			21888	21888	0.046				0.044	0.094	0.025		N
77	AVM SIGNAL	6670M2230;	77-31-342-011	1	7	5	5	2	2			10944	10944	0.091	0.081	12276	59377	0.150	0.157	0.101		
77	RES Secondary	312EDP-2;	77-41-284-111	1	15	6	6	1	1	8	8	5107	5107	0.196	0.198	5041	34462	0.163	0.189	0.050	0.320	
77	SENSOR RPT. BULB	1122314;	77-41-284-121	1	2	1	1	1	1			38304	38304	0.026				0.025	0.031	0.050		N
77	PROXIMITY	10-61226-28	27-89-460-021	50	1			1	1			15321	15321	0.001				0.006	0.002	0.025		N
78	ACCESSORY UNIT	65-73006-149	78-30-670-011	5	1			1	1			76608	76608	0.013				0.038				
78	THRUST REVERSE	315A1701-84	78-31-770-011	5	1	1	1	1	1			15321	15321	0.007			0	0.006	0.016		0.010	N
78	TR LOCKING	315A1801-22	78-34-008-092	4	1					1	1	50643	50643	0.003				0.006				
78	Actuator, TR NON-	315A1800-6;	78-34-008-351	8	5	1	1			5	5	50428	50428	0.005	0.010	59820	13913	0.005	0.004		0.010	
78	ENG THRUST	2-8020-24	78-34-241-011	6	1					1	1	45964	45964	0.002							0.007	
78	THRUST REVERS	3810036-106	78-34-687-021	5	1			1	1			15321	15321	0.007				0.006		0.025		N

Рис. 6. Контроль стану надійності агрегатів двигунів ПС В737-300/400/500 за 2008-2010 роки

Сис.	Название	UR-DNC	UR-DND	UR-IVK	UR-VVA	UR-VVE	UR-VVL	UR-VVM	UR-VVN	UR-VVP	UR-VVQ	UR-VVS	UR-VVU	Всего	UCL
49	БОРТОВАЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ	4.6574	3.2586	5.0617	6.7879	8.4487	6.6595	0.8387	7.9577		2.1880	2.4032	3.5722	5.2441	8.6400
71	СИЛОВАЯ УСТАНОВКА	1.3307	1.3035	0.5624	1.1313	1.2070				0.7272	1.3128		0.3969	0.9207	1.6173
72	ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ	1.9960		1.1248			1.0515	1.6774		2.1815	1.7504		0.7938	1.2810	2.5221
73	ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА ДВИГАТЕЛЯ	0.6653	1.3035	0.5624	0.7542	1.2070	1.0515			0.3636				0.4804	2.5895
74	СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ				1.1313				0.5684	1.0908				0.5204	1.1827
75	СИСТЕМА ОТБОРА ВОЗДУХА			0.5624			0.7010							0.1201	1.0480
76	СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ					0.6035	0.7010			0.7272				0.2002	0.9862
77	ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ДВИГАТЕЛЯ		1.3035		1.1313		0.3505		0.5684		0.4376		0.3969	0.4804	2.2267
78	СИСТЕМА ВЫКЛОПА		1.3035	1.6872	0.3771	0.6035	1.4020			0.3636		0.4005	0.3969	1.1609	3.4117
79	МАСЛЯНАЯ СИСТЕМА				0.3771				1.1368			0.8011	0.3969	0.2402	1.2539
80	СИСТЕМА ЗАПУСКА		0.6517	1.1248		0.6035	1.4020		0.5684	0.7272	0.8752	0.4005	0.3969	0.9607	1.4593
	Ч	1503	1534	1778	2652	1657	2853	1192	1759	2750	2285	2497	2519	24981	19840
	Всего	17.2987	4.6092	4.7763	4.6872	2.3016	3.1727	0.7593	1.4736	2.3191	1.2021	0.8904	0.6405	11.6090	

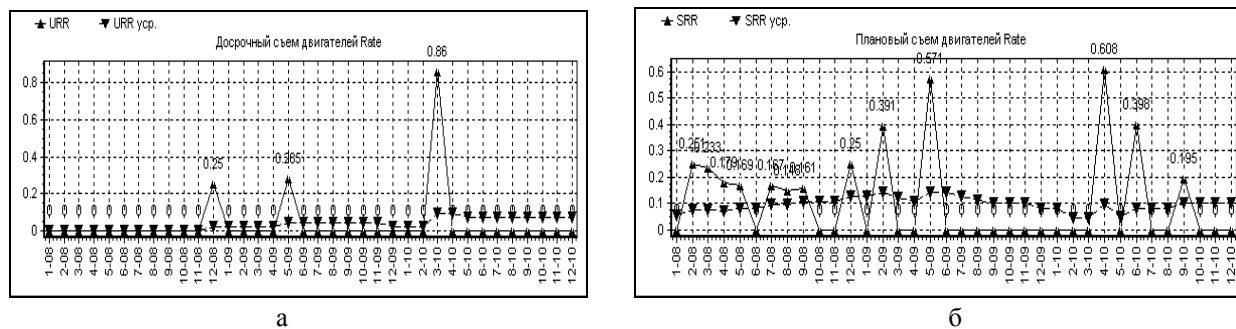


Рис. 9. Моніторинг показників:

а – незапланованого і б – планованого знімання двигунів ПС В737–300/400/500 за 2010 рік

Література

1. Безпека авіації / В.П. Бабак, В.П. Марченко, В.О. Максимов, О.Г. Кучер та ін.; за ред. В.П. Бабака. – К.: Техніка, 2004. – 585 с.
2. Новожилев Г.В. Безопасность полета самолета. Концепция и технология / Г.В. Новожилев, М.С. Неймарк, Л.Г. Цесарский. – М.: Машиностроение, 2003. – 144 с.
3. Кучер О.Г. Контроль та аналіз стану надійності систем і агрегатів повітряних суден в експлу-

атації / О.Г. Кучер, П.О. Власенко // Наукоємні технології. – 2010. – № 3. – 2009. – С. 20-28

4. Кучер О.Г. Управління надійністю парку повітряних суден авіакомпанії / О.Г. Кучер, П.О. Власенко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009. – № 4 (61). – С. 88-95.
5. Автоматизированная система контроля надежности парка воздушных судов авиакомпании "АЭРОСВИТ". Руководство пользователя / Науч. рук. А.Г. Кучер, отв. исп. А.С. Якушенко, исп. П.А. Власенко, А.Ю. Сухоруков. – К: НАУ, 2008. – 167 с.

Надійшла до редакції 31.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри технологій аеропортів О.А. Тамаргазін, Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. ЕЁ КОНТРОЛЬ И АНАЛИЗ В АВИАКОМПАНИИ

А.Г. Кучер, П.А. Власенко

Рассмотрена Программа надежности авиакомпании. Показана связь между системами сбора данных, анализа данных, рабочих стандартов, корректирующих действий и отображения данных. Приведены показатели надежности двигателей, которые используются при контроле, мониторинге и анализе состояния надежности функциональных систем, подсистем и агрегатов двигателей, при определении технической готовности двигателя к полету. Рассмотрен контроль состояния надежности функциональных систем, подсистем и комплектующих изделий двигателей по отказам, выявленным в полете, на земле и в эксплуатации. Проанализировано состояние надежности воздушных судов В737-300/400/500, которые эксплуатируются авиакомпанией за 2010 год. Проведен индивидуальный контроль и анализ состояния надежности воздушных судов по системам и подсистемам двигателей.

Ключевые слова: надежность, безопасность полетов, показатели надежности, контрольный уровень надежности, анализ надежности.

AIRCRAFT ENGINES OPERATION RELIABILITY. ITS CONTROL AND ANALYSIS BY AIRLINE CARRIERS

O.G. Kucher, P.O. Vlasenko

An Airline Reliability Program has been studied. The connection between Data collection system, Data analysis system, Performance standards, Corrective action system and Presentation of Data has been showed. Reliability data of engines under control, monitoring and reliability analysis of functional systems, subsystems and engine components when evaluating a flight technical readiness of an engine has been presented. Reliability control of functional systems, subsystems and components of an engine based on PIREP, MAREP and operation has been examined. B737-300/400/500 aircrafts (exploited by the company in 2010) reliability has been analyzed. An individual control and aircraft reliability based on engine systems and subsystems analysis applied.

Key words: reliability, flight safety, reliability data, upper control limit, reliability analysis

Кучер Олексій Григорович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри авіаційних двигунів Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: kucher@nau.edu.ua.

Власенко Павліна Олександрівна – аспірантка кафедри авіаційних двигунів Національного авіаційного університету, канд. наук НАУ, Київ, Україна e-mail: pavlino4ka@yandex.ru; pavlinushka@bigmir.net.