

*В.М. Андрющенко, к.т.н., М.С. Топал, М.О. Павловська
(Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Україна)*

Вплив корозійних пошкоджень нижніх панелей крила літаків Ан-24 на їх втомну довговічність в умовах різних кліматичних зон

Проведені розрахунки циклічної довговічності обшивок нижніх панелей центроплану літака Ан-24 при наявності корозійних ушкоджень внаслідок експлуатації в різних кліматичних зонах. Показано, що довговічність обшивок в зоні вологого тропічного клімату може зменшуватися в 5.8 разів в порівнянні з довговічністю обшивок без корозійних ушкоджень.

Забезпечити ресурс конструкції планера повітряного судна в 60...80 тисяч годин нальоту можливо лише з урахуванням корозійних пошкоджень, які виникають впродовж терміну його експлуатації. Аналіз льотних подій і катастроф [1] показує, що майже 40% руйнувань, які були їх причиною, пов'язані з корозією конструкційних елементів та бортового обладнання.

В роботі [2] наведені дані за результатами обстеження внутрішнього стану 478 кесонів крила літака Ан-24 (з демонтажем знімних панелей). Корозію нижніх панелей центропланів виявлено на 191 літаку (тобто після розкриття кесонів центропланів приблизно на кожному другому літаку).

Термін служби літаків з початку експлуатації становив від 7 до 45 років, періодичність оглядів у середньому ~3-16 років між сусідніми капітальними ремонтами та ~2-6 років між технічними оглядами під час подовження міжремонтних термінів служби.

Діапазон нальотів при виявленні корозійних пошкоджень становив від 700 до 45 000 польотів з початку експлуатації. Наліт після останнього ремонту становив ~2 – 8200 польотів.

Інтенсивність польотів варіювалася від 2 до 1800 польотів на рік.

Наразі літаки Ан-24 у середньому пройшли від 5 до 10 капітальних ремонтів.

Виконання робіт з виявлення корозії при капітальних ремонтах та в умовах експлуатації проводилося візуально та інструментальними методами. Застосовувані методики не виключали можливого впливу людського фактора на встановлення об'єктивних даних - похибок при вимірах залишкової товщини деталей після виведення корозії, що призводять до заниження або завищення реальних розмірів дефектів (особливо у важкодоступних місцях), можливості перепусток (не виявлення) початкових ушкоджень через їх малість (10-50 мкм). Найбільшу складність викликало виявлення пошкоджень у початковій стадії в тому числі під лакофарбовими покриттями і під накладками.

З метою мінімізації впливу людського фактора, отримані вихідні дані по глибині дефектів піддавалися ретельному порівняльному аналізу з даними попередніх оглядів, як в експлуатації, так і при капітальних ремонтах, для кожного конкретного літака. Для всіх випадків приймалося припущення, що вибірки корозії при ремонтах були повними та проводилися відповідно до інструкцій, передбачених технологічною та ремонтною документацією, з нанесенням необхідних захисних покриттів.

За інтервал часу, протягом якого виникла корозія, брали термін служби між суміжними, тобто попереднім та наступним розкриттями кесонів. Ця методика охоплювала період зростання ушкоджень, проте, не надавала можливості врахувати повною мірою період накопичення.

Крім того, при визначенні швидкості розвитку корозії не враховувалися дані щодо літаків, усередині кесонів яких пошкоджень не виявлено. Отже, у роботі проведено оцінку швидкості зростання ушкоджень не враховуючи періоду їх накопичення, тобто за наявності сприятливих факторів: мікродефектів та мікротріщин у захисних покриттях або внаслідок зміни вологості атмосфери при розкритті кесонів [2].

Порівняння значень глибини корозійних пошкоджень на обшивках нижніх панелей центроплану крила літаків Ан-24, проведене в роботі [2] показало, що пошкодження, які виникають в однакових кліматичних умовах приблизно за однакові проміжки часу мало різняться по глибині і знаходяться в межах розкиду.

Дані, наведені в роботі [2], по середній глибині корозійних ушкоджень нижніх панелей центроплану літаків Ан-24 за період одного року в різних умовах експлуатації, показані в таблиці 1.

Таблиця 1.

Глибина корозійних ушкоджень обшивок нижніх панелей центроплану літаків Ан-24 за період одного року в різних умовах експлуатації

Умови експлуатації	Глибина пошкоджень
помірний клімат	~ 0,12 мм
різко-континентальний клімат	~ 0,23 мм
морський клімат	~ 0,34 мм
вологі тропіки	~0,47 мм

Обшивку нижніх панелей центроплану виготовляють із алюмінієвого сплаву Д16Т, її номінальна товщина дорівнює 3.5 мм [2]. За рік експлуатації в умовах помірного клімату, різко-континентального клімату, морського клімату та вологих тропіків товщина обшивки зменшується до 3.38 мм, 3.27 мм, 3.16 мм та 3.03 мм відповідно. Так як навантаження на обшивку залишається незмінним, то зменшення її товщини веде до збільшення напруг в обшивці і відповідно до зменшення довговічності панелей.

Оцінку циклічної довговічності обшивок нижніх панелей центроплана з корозійними пошкодженнями видається доцільним проводити з використанням формули Степнова М.Н. та Гиацинтова Є.В.:

$$\sigma_a = 2,344 (\sigma_b - \sigma_m)^{0,63} [0,64 + 43,3(\lg N)^{-2,1}]$$

де: σ_b – межа міцності алюмінієвого сплаву, яка для даного розрахунку дорівнює 470 МПа; σ_a та σ_m – амплітудні та середні напруги циклу навантаження, МПа; N – циклічна довговічність, циклів.

Результати розрахунків, проведених на одному рівні циклічного навантаження, який забезпечив σ_a та σ_m в обшивках без корозійних ушкоджень та з корозійними ушкодженнями, отриманими за рік експлуатації в зоні помірного клімату, різко-континентального клімату, морського клімату та вологих тропіків величиною 150 МПа, 155,3 МПа, 160,6 МПа, 166,1 МПа та 173,3 МПа відповідно, показані в таблиці 2.

Таблиця 2

Циклічна довговічність обшивок нижніх панелей центроплана крила літаків Ан-24 без пошкоджень та з корозійними пошкодженнями через рік експлуатації в умовах різних кліматичних зон

Умови експлуатації	Глибина корозійних уражень, мм/рік	$\sigma_a = \sigma_m$, МПа	N, цикл.
Без корозійних уражень	–	150	754700
Помірний клімат	0,12	155,3	478700
Різко-континентальний клімат	0,23	160,6	314600
Морській клімат	0,34	166,1	210200
Вологі тропіки	0,47	173,3	129400

Висновки

Аналіз результатів розрахунків циклічної довговічності обшивок нижніх панелей центроплану крила літака Ан-24 через рік експлуатації в різних кліматичних зонах показав, що в порівнянні з циклічною довговічністю обшивок без корозійних уражень експлуатація в зоні помірного клімату, різко-континентального клімату, морського клімату та вологих тропіків сприяє зниженню циклічної довговічності обшивок нижніх панелей центроплану в 1,6, 2,4, 3,6 та 5,8 раз відповідно.

Список літератури

1. Проблемы коррозии в современном авиационном строении (по материалам открытой иностранной печати за 1970-1984 г.г.): Обзор ЦАГИ № 672 / Составители: Куранов В.Н., Лебедева Л.А., Ключкова Н.Н./, 1987. – 10 с.
2. Аболихина Е.В., Семенец А.И., Еретин А.П.. Коррозионная стойкость обшивок нижних панелей внутри кессонов крыла самолетов Ан-24, Ан-26 / Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии № 41, 2009 – с. 76-91.