

О.М. Добриденко<sup>1</sup>, Ю.О. Манулін<sup>1</sup>, Г.Т. Горохов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРОГНОЗУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТАРІЮЧОГО ПАРКУ ПЛАНЕРІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Предмет досліджень полягає в розробці моделей прогнозу змін кількісних показників технічного стану старіючого парку планерів літальних апаратів (ЛА). Пропонується на основі моделей методичний підхід до побудови системи підтримки прийняття рішень під час прогнозу. Метою досліджень є визначення функціональних залежностей в експертно-аналітичних методах оцінки технічного стану конструкції планерів літальних апаратів та прогнозних оцінок впливу експлуатаційних факторів. В результаті досліджень обґрунтовано функціональні залежності, які доцільно реалізувати в системі підтримки прийняття рішень прогнозу.*

**Ключові слова:** планер літального апарата, кількість парку справних (несправних) літальних апаратів, прогноз.

### Вступ

Авіаційна техніка в процесі експлуатації неодноразово відновлюється, так як надійність її роботи безпосередньо пов'язана з завданнями забезпечення умов безпеки польотів. В якості критерію ефективності виконання навчальних та бойових польотів розглядається кількість виконаних літако-вильотів [1, с. 57].

Прийняття рішень в складній системі управління надійністю експлуатації парку старіючих ЛА потребує отримання обґрунтованих оцінок прогнозу змін кількості справних ЛА в залежності від умов експлуатації на інтервалі прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ .

Якщо парк ЛА на момент початку прогнозу налічує  $N_0$  одиниць ЛА, то внаслідок дії різноманітних факторів під час експлуатації кількість справних ЛА по закінченню інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$  можливо зменшиться на  $N_{\Delta T}$  одиниць і буде становити  $N_{ПР}$ :

$$N_{ПР} = N_0 - N_{\Delta T} \quad (1)$$

З метою забезпечення максимальної кількості літако-вильотів в системі управління надійністю експлуатації парку ЛА розробляються рішення, які повинні привести до мінімізації  $N_{\Delta T}$ .

**Постановка завдання та його актуальність.** Необхідно розробити модель прогнозу значення  $N_{\Delta T}$ , яка враховує ступінь невизначеності від дії факторів, що можуть існувати під час інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ . Актуальність завдання полягає в

отриманні керівним складом інженерно-авіаційної служби обґрунтованих рішень прогнозу технічного стану ЛА в умовах наявності ступеню невизначеності щодо даних експлуатації та ремонту старіючого парку ЛА.

**Аналіз попередніх досліджень.** В теперішній час відсутні роботи, в яких досліджуються проблемні питання зміни кількісного складу  $N_0$  старіючого парку ЛА.

**Мета статті** передбачає дослідження шляхів побудови математичного забезпечення систем підтримки рішень стосовно прогнозу технічного стану конструкції планерів парку ЛА.

### Виклад основного матеріалу досліджень

В процесі прогнозування та підтримання льотної придатності парку ЛА необхідно проводити оцінювання поточного технічного стану силових елементів (СЕ) індивідуально для кожної конструкції планера парку ЛА, що дозволить на основі узагальнення отриманих результатів визначити зміни кількості  $N_{\Delta T}$  парку ЛА протягом інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ .

Особливості отримання прогнозних оцінок довговічності та безвідмовності конструкції планера ЛА полягають в їх ймовірнісному прояві, який обумовлено змістом програм підготовки льотної складу, його кваліфікаційним рівнем, властивостями матеріалів СЕ, метеорологічно-кліматичними умовами експлуатації ЛА, станом покриття аеродромів та інше.

Ймовірнісний підхід до прогнозування показників надійності СЕ передбачає статистичну оцінку можливих в польоті випадкових відхилень амплітуд змінних напружень, вплив яких на конструкцію ЛА обумовлено ходом виконання польотного завдання. Крім цього, ймовірнісний підхід застосовують під час статистичної оцінки випадкових значень границь витривалості матеріалів СЕ, що встановлюються згідно кривої втоми для заданої довговічності ЛА [2, с.63].

Зміни кількості  $N_{\Delta T}$  парку ЛА визначаються експертно-аналітичним шляхом дослідження вектора функціональної залежності, який налічує чотири дискретних випадкових величини:

$$N_{\Delta T} = n_{\beta} + n_{\gamma \leq 70} - n_{АРП} - n_{РЕЗ}, \quad (2)$$

де  $n_{\beta}$  – кількість ЛА, що потребують проведення робіт з усунення пошкоджень СЕ планера конструкції ЛА внаслідок значень ймовірності руйнування  $\beta$ ;  $n_{\gamma \leq 70}$  – кількість ЛА, які залежать від строку служби та мають гамма-ресурсний показник надійності ( $\gamma\%$ ) менший за 70% і відновлення, справності яких недоцільно;  $n_{АРП}$  – кількість ЛА, технічний стан яких можливо відновити в умовах авіаремонтних підприємств;  $n_{РЕЗ}$  – кількість ЛА, які можливо відновити шляхом заміни їх несправних агрегатів відповідними виробами, що знаходяться в складі резервних ЛА.

Пошук мінімального прогнозованого випадкового значення  $N_{\Delta T}$  передбачає застосування методів комбінаторики для побудови дерева рішень, кількість вузлів в якому визначається інтервалами змін дискретних значень випадкових величин:  $n_{\beta}$ ;  $n_{\gamma \leq 70}$ ;  $n_{АРП}$ ;  $n_{РЕЗ}$  [3, с. 120].

Аналіз діапазонів дискретних значень випадкових величин  $n_{\beta}$ ,  $n_{\gamma \leq 70}$ ,  $n_{АРП}$ ,  $n_{РЕЗ}$  для парків ЛА державної авіації ЗС України показав, що побудова дерева рішень на осн ові комбінаторних методів з метою отримання на підставі залежності (1) мінімального випадкового значення  $N_{\Delta T}$  приводить до математичної задачі пошуку рішень в класі  $NP$  – повних задач [4, с. 17]. Отримання оптимального рішення щодо  $N_{\Delta T}$  можливе за умови невеликої кількості дискретних значень  $n_{\beta}$ ,  $n_{\gamma \leq 70}$ ,  $n_{АРП}$ ,  $n_{РЕЗ}$ .

Тому пропонується в моделі прогнозу застосувати експертно-аналітичний підхід, який передбачає під час проведення розрахунків

експлуатаційної міцності СЕ сумісне використання досвіду та знань експертів з питань експлуатації ЛА й результатів розрахунків на основі відомих аналітичних залежностей.

В процесі експлуатації конструкція планерів ЛА отримує пошкодження різного виду: тріщини на внутрішніх та зовнішніх поверхнях; забоїни, вм'ятини поверхонь фюзеляжу та крила; корозійні ураження, послаблення та руйнування заклепок.

Наявність вказаних пошкоджень конструкції планера ЛА призводить до погіршення таких експлуатаційних показників ЛА як призначений чи встановлений ресурс та строк служби ЛА.

З метою забезпечення експлуатації ЛА на інтервалі прогнозу  $\Delta T_{ПР}$  необхідно планувати проведення робіт з усунення пошкоджень і, відповідно, не допустити різкого зменшення кількості ЛА внаслідок збільшення кількості  $n_{\beta}$  в залежності (2).

Статистичні дані щодо руйнувань СЕ вказують, що більшість руйнувань СЕ має втомний характер і складає приблизно (80-90)% від загальної кількості руйнувань СЕ. Це обумовлено впливом одного з найбільш важливих фізичних факторів при експлуатації, а саме змінних навантажень, що приводить до погіршення характеристик міцності СЕ внаслідок появи пошкоджень СЕ в вигляді втомних тріщин, крихкого руйнування чи пластичної деформації.

Прогнозування довговічності СЕ передбачає проведення перевірки дотримання умови безпечної експлуатації, при якій ймовірність виникнення аварійної ситуації внаслідок утворення втомних тріщин не повинна бути більше значення  $\beta = 1.0 \times 10^{-6}$  на одну годину польоту [5, с. 14].

Для цього розробник ЛА застосовує коефіцієнти надійності, які для ЛА встановлюють значення таких ресурсних показників, як призначений ресурс  $t_P$  та календарний строк служби  $t_K$  [6, с. 175]. Відповідно, для ЛА державної авіації України, які мають, наприклад, призначений ресурс  $t_P$  в межах (2000 ÷ 7000) годин, значення ймовірності руйнування СЕ планера ЛА  $\beta$  не повинно перебільшувати значення  $\beta_{СЕ}(t_P) = (2000 \dots 7000) \times 10^{-6}$ . Враховуючи неточності обчислень, доцільно прийняти  $\beta_{СЕ}(t_P) \leq 1.0 \times 10^{-3}$ .

При цьому необхідно зазначити, що на можливість виникнення втомних пошкоджень значний вплив має календарний строк служби  $t_K$ .

Це стосується виникнення корозії матеріалів під час довготривалої дії умов експлуатації, що приводить до появи концентраторів напруження на поверхні СЕ. В результаті відбувається погіршення експлуатаційної міцності конструкції ЛА з продовженими строками служби з причини збільшення корозійних пошкоджень. Виникає зміщення розрахункових кривих втоми і, як наслідок, зменшення довговічності за параметром гамма-відсоткового ресурсу ( $\gamma\%$ ) показників нальоту та строку служби [7, с. 74].

Тому в процесі дослідження довговічності ЛА і визначення кількості ЛА, які будуть знаходитись в експлуатації до закінчення інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ , також досліджуються зміни довговічності при збільшенні наробітку ЛА, так як це опосередковано пов'язано із збільшенням строку служби.

Аналітичні залежності в математичній моделі прогнозу побудовано на основі двопараметричного логарифмічного нормального закону розподілу ймовірності руйнування  $\beta_{CE}(t_P)$  [8, с. 116].

Тому обчислення виконуються з використанням рівняння втомної довговічності:

$$\beta_{CE}(t_P) = F(\lg N) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\lg N} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)} dx, \quad (3)$$

де  $x$  – втомна довговічність, що міститься в кількості циклів  $N$  навантажень при лабораторних випробуваннях або кількості годин польоту  $t_P$  за даними експлуатації;  $\mu$  та  $\sigma$  – параметри функції розподілу ( $\mu$  – математичне очікування,  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення логарифмів довговічностей, при цьому приймається, що  $\sigma = 0,15$  для алюмінієвих сплавів) [9, с. 168].

На основі формули (2) можливо визначити такий параметр довговічності як гамма-відсотковий ресурс  $\gamma\%$ . Вказана можливість обумовлена результатами оцінки збереження вимог умов безпеки польотів ( $\beta_{CE}(t_P) \leq 1.0 \times 10^{-3}$ ) протягом інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ .

Аналіз значень ймовірностей руйнування  $\beta_{CE}(t_P)$  протягом інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$  дозволяє оцінити наближення наробітку СЕ до граничного стану та обчислити в відсотках залишок ресурсу відносно призначених та встановлених ресурсних показників.

Експертна оцінка дозволяє встановити значення гамма-відсоткового ресурсу на рівні  $\gamma = 70\%$ .

Проведення статистичної обробки даних експлуатації та ремонту ЛА потребує вирішення проблеми достовірності результатів оцінювання надійності експлуатації СЕ, оскільки це пов'язано з обмеженим на практиці обсягом даних контролю парку ЛА. Тому для підвищення достовірності результатів прогнозу пропонується використати принцип комплексної обробки даних експертно-аналітичної оцінки двох типів даних:

дані щодо інтенсивностей появи пошкоджень за час попередньої індивідуальної експлуатації ЛА на основі статистичної обробки результатів контролю технічного стану ЛА та дані прогнозованого стану на момент закінчення інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ ;

дані регресійної оцінки виникнення пошкоджень в кластерах СЕ планерів ЛА. Розподіл парку ЛА поміж кластерами здійснюється згідно методів розпізнавання образів технічного стану ЛА [10, с. 15].

Алгоритм прогнозування плинної міцності СЕ та виконання відповідної статистичної обробки даних експлуатації СЕ планерів ЛА передбачає під час проведення розрахунків згідно залежності (1) наступні етапи дослідження:

перший етап – аналіз технічного стану ЛА та визначення кількості  $N_0$  на час початку інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ ;

другий етап – розрахунок імовірності  $\beta_{CE}(t_P)$  руйнування СЕ кожної одиниці парку ЛА згідно функції розподілу (3).

Під час виконання розрахунків прогнозу приймаються припущення щодо середньорічного нальоту ЛА і обчислюються витрати ресурсу на інтервалі прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ .

Визначення математичного очікування  $\mu$  передбачає аналіз матеріалів актів і протоколів контролю технічного стану ЛА з метою отримання кількісних значень ступеню пошкоженості. Наприклад, інтенсивності виникнення тріщин, кількості та площі корозійних уражень, пошкодження заклепок.

Результати розрахунків згідно з (2) дозволяють визначити кількість ЛА  $n_\beta$ , що потребують проведення робіт з усунення пошкоджень планера конструкції ЛА внаслідок значень імовірності руйнування СЕ  $\beta$ , які знаходяться в інтервалі  $0.000 \leq \beta \leq 0.001$ ;

третій етап – виконується кластерний аналіз парку ЛА з метою визначення групи головних ЛА щодо кожного складу кластера парку ЛА;

четвертий етап – проводиться регресійний аналіз параметрів парку групи головних ЛА за час їх попередньої експлуатації та визначаються коефіцієнти верхньої границі лінії регресії згідно результатів рішення відповідного матричного рівняння [11, с. 40]. На основі значень верхньої границі коефіцієнтів регресії визначається гамма-ресурс кожної одиниці парку ЛА  $\gamma\%$ ;

п'ятий етап – проводиться порівняльний аналіз розрахованого значення  $\gamma\%$  з попередньо встановленим експертами граничним значенням  $\gamma\% = 70\%$ . Приймається рішення щодо надійності експлуатації ЛА впродовж інтервалу  $\Delta T_{ПР}$ . Методи обробки експертних оцінок  $\gamma\%$  гамма-ресурсу основані на результатах роботи [12, с. 208];

шостий етап – визначається кількість ЛА  $n_{\gamma \leq 70}$ , які мають гамма-ресурс менший  $\gamma\% \leq 70\%$  та кількість ЛА  $n_{\beta}$ , ймовірність руйнування яких перебільшує  $\beta \geq 0.001$ ;

сьомий етап – проводиться експертний аналіз  $n_{АРП}$  кількості ЛА, технічний стан яких можливо відновити в умовах авіаремонтних підприємств та визначається кількість ЛА  $n_{РЕЗ}$ , які можливо відновити шляхом заміни їх несправних агрегатів відповідними виробами, що знаходяться в складі резервних ЛА;

восьмий етап – розраховується згідно із залежністю (1). Прогнозована можлива кількість ЛА на час закінчення інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР}$ .

Для прогнозу кількості ЛА застосовуються методи імітаційного моделювання результатів багатовимірного статистичного аналізу та регресійних залежностей змін технічного стану ЛА.

#### **Приклад імітаційного моделювання процесу прогнозу кількості справних ЛА**

Початкові дані імітаційного моделювання – чисельність парку умовних ЛА складає 23 одиниці. Використано два параметра з переліку множини параметрів вектора контролю  $\vec{PK} = (pk_1, pk_2, \dots, pk_S)$  технічного стану ЛА: наробіток з початку експлуатації  $t_P$  та календарний строк  $t_K$ .

Для 23 одиниць ЛА значення наробітку  $t_P$ ,

строку експлуатації  $t_K$  визначались за результатами статистичного моделювання згідно з нормальним законом розподілу цих параметрів [10, с.13].

Прогноз передбачав провести оцінку кількості справних ЛА на 2031 рік на основі можливості встановлення міжремонтного строку 12 років та міжремонтного ресурсу 700 годин з відповідним продовженням строку служби кожному ЛА після капітального ремонту в 2021 році.

Вибір параметрів контролю технічного стану ЛА, стосовно якого в прикладі виконувалось прогнозування, здійснено згідно з рівномірним розподілом. В результаті отримано наступні значення:  $t_P = 726$  годин,  $t_K = 30$  років.

Рівняння лінії прогнозу має вигляд:

$$t_K(t_P) = Kut_{PROGNOZ} \times t_P + B_{PROGNOZ} \quad (4)$$

Значення коефіцієнта  $Kut_{PROGNOZ}$  лінії прогнозу (4) отримано на підставі припущення щодо обчислення середнього значення двох кутових коефіцієнтів:

кутового коефіцієнта  $Kut_{ЛА}$  лінії прогнозу накопичення пошкоджень від моменту контролю технічного стану до кінцевого строку інтервалу прогнозу  $\Delta T_{ПР} = 12$  років. Розташування початкової точки лінії прогнозу згідно гіпотези лінійного накопичення пошкоджень залежить від часу попередньої експлуатації до моменту контролю;

кутового коефіцієнта  $Kut_{REG}$  верхньої границі лінії регресії технічного стану головної групи парку ЛА.

Значення коефіцієнта  $B_{PROGNOZ}$  лінійного зсуву визначається за результатами оцінки технічного стану після проведення відновних робіт.

Міжремонтний строк 12 років закінчується в 2033 році.

З метою уточнення достовірності прогнозних оцінок надійності СЕ конструкції планера ЛА проведено математичне моделювання на основі визначення наявності головної групи ЛА серед імітованого парку ЛА.

Для визначення літаків головної групи застосовано методи кластерного аналізу в двовимірному просторі параметрів  $t_P, t_K$ . Головна група складається з дев'яти літаків (рис. 1).

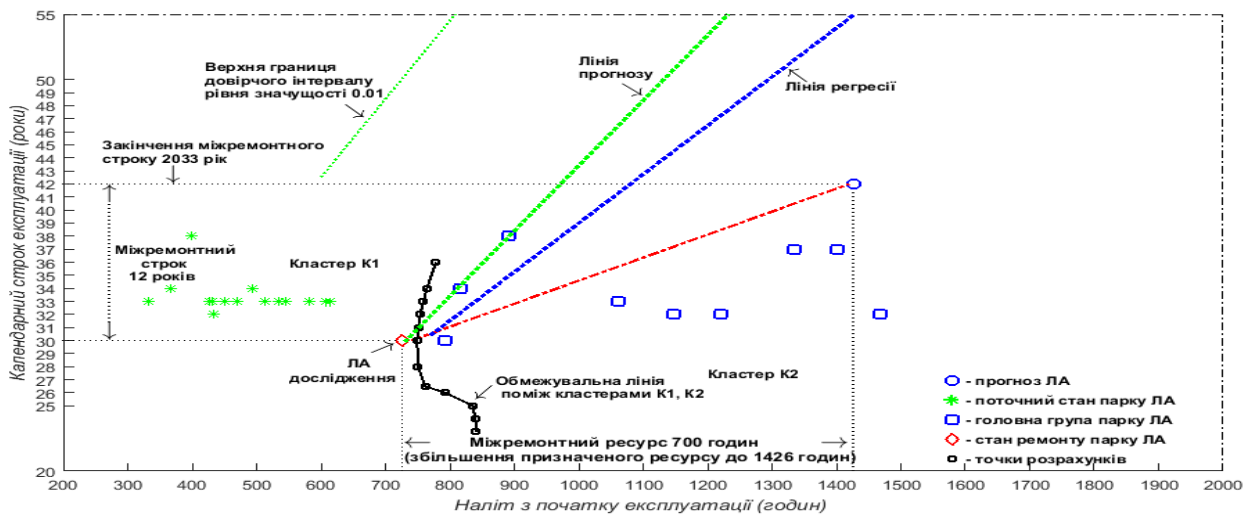


Рис. 1. Результати моделювання лінії прогнозу.  
Джерело: розроблено авторами.

Застосування імітаційної моделі оцінки довговічності індивідуально до кожного ЛА із загального парку 23 одиниць підтверджує можливість експлуатації всього парку ЛА до 2031 року. Слід зазначити, що зменшення кількості парку ЛА не прогнозується на підставі припущення щодо можливості проведення відновних робіт авіаремонтними заводами та шляхом використання виробів із резервного фонду.

Позитивний висновок також обґрунтовується наявністю необхідного залишку призначеного ресурсу парку ЛА, так як середнє значення гамма-ресурсу більше 70 відсотків, яке встановлено експертами:

$$\bar{\gamma} = \frac{\sum_{i=1}^{23} \gamma_i}{23} \geq 70\% .$$

### Висновок

Запропонований методичний підхід на основі експертно-аналітичних методів визначення кількості ЛА дає можливість дозволити забезпечити необхідну достовірність рішень прогнозування довговічності ЛА під час обґрунтування можливості їх подальшої експлуатації.

### Напрями подальших досліджень.

Практична реалізація запропонованого методичного підходу в структурі математичного забезпечення систем підтримки рішень прогнозу технічного стану конструкції планерів парку ЛА передбачає проведення відповідних робіт в напрямках аналізу та вибору алгоритмів обробки багатовимірних даних діагностики, які отримано під час ремонту та експлуатації ЛА.

### Список літератури

1. Филиппов В.В. Надежность и техническая эксплуатация авиационной техники. В кн.: Проблемы надежности летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1985. – С. 48–62.
2. Агамиров Л.И., Райхер И.Л. Вероятностные методы расчета показателей надежности авиационных конструкций при переменных нагрузках – М.: Научн. исслед. ун-т МЭИ, 2018. – 186 с.
3. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
4. Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н. Принятие решений в условиях неопределенности. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 289 с.
5. Нормы летной годности самолетов транспортной категории (Авиационные правила, часть 25), 2009. – 270 с.
6. Селихов А.Ф., Чижов В.М. Вероятностные методы в расчетах прочности самолета. – М.: Машиностроение, 1987. – 236 с.
7. Райхер В.Л., Селихов А.Ф., Хлебникова И.Г. Учет множественности критических мест конструкции при оценке долговечности и ресурса. / Ученые записки ЦАГИ том XV №2 1984. – С. 72– 81.
8. Биргер И.А. Детерминированные и статистические модели долговечности. – В кн.: Проблемы надежности летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1985. – С. 105–150.
9. Стрижиус В.С. Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций. – М.: Машиностроение, 2012. – 272 с.
10. Барзилович Е.Ю., Савенков М.В. Статистические методы оценки состояния авиационной техники –М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
11. Радченко С.Г. Методология регрессионного анализа. Монография. – К.: Корнійчук, 2011. – 376 с.

**Відомості про авторів:**

**Добриденко Олег Миколайович**

кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
начальник науково-дослідного управління  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2029-1488>

**Манулін Юрій Олексійович**

заступник начальника науково-дослідного відділу  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-9676-4846>

**Горохов Георгій Тітович**

кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
провідний науковий співробітник  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-1479-816X>

**Information about the authors:**

**Oleg Dobrydenko**

Candidate of Technical Sciences  
Senior researcher  
Head of Research Management  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2029-1488>

**Yurii Manulin**

Deputy Head of Research Department  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-9676-4846>

**Georgii Horokhov**

Candidate of Technical Sciences  
Senior researcher  
Leading researcher  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-1479-816X>

**METHODICAL APPROACH TO CONSTRUCTION A SYSTEM FOR SUPPORTING SOLUTIONS FOR FORECASTING THE TECHNICAL CONDITION OF THE AGING PARK OF AIRCRAFT PLANNERS**

*O. Dobrydenko, Y. Manulin, H. Horokhov*

*The subject of research is to develop models for forecasting changes in the quantitative composition of the aging fleet of aircraft gliders. A methodical approach to building a decision support system during forecasting is proposed on the basis of models. The purpose of the research is to determine the functional dependences in the expert-analytical methods of assessing the technical condition of the design of aircraft gliders and forecast assessments of the impact of operational factors. As a result of researches functional dependences which it is expedient to realize in system of support of decisions of the forecast are proved.*

*Peculiarities of obtaining forecast estimates of durability and reliability of aircraft design are their probabilistic manifestation, which is due to the content of flight training programs, its qualification level, properties of SE materials, meteorological and climatic conditions of aircraft operation, aerodrome coverage and more.*

*The mathematical model of the forecast is based on the expert-analytical approach, which provides for the joint use of experience and knowledge of experts on the operation of aircraft and the results of calculations based on known analytical dependences when calculating the operational strength of the SE. One of these dependences is the function of the logarithmically normal distribution of the probability of fatigue failure of the power elements of the structure.*

*Changes in the number of aircraft fleet are determined by four discrete random variables, which characterize the number of aircraft that require work to eliminate damage to the CE of the aircraft glider due to the values of failure probability, as well as the number of aircraft that depend on service life and have gamma resource reliability is less than 70 percent and recovery, the serviceability of which is impractical. In addition, it is necessary to take into account the number of aircraft, the technical condition of which can be restored in the conditions of aircraft repair companies; as well as by replacing faulty units with appropriate products that are part of the backup aircraft.*

*Simulation modeling of expert-analytical methods for forecasting changes in the quantitative composition of the aging fleet of aircraft gliders has been carried out. The simulation results indicate the possibility of their application in the decision support system of forecasting.*

**Keywords:** *glider of aircraft, number of fleet of serviceable (faulty) aircraft, forecast*