

УДК 629.7.036.34

**ШУМІЛІН Г.О.**, начальник науково-дослідної лабораторії  
**КАРНАУШЕНКО В.М.**, старший науковий співробітник  
**НАЗАРЕНКО В.І.**, старший науковий співробітник

## **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЗАЛИШКУ РЕСУРСУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ, ЯКІ ЗНАХОДИЛИСЬ НА ТРИВАЛОМУ ЗБЕРІГАННІ**

*У статті запропоновано підхід допрогнозування залишку ресурсу виробу в залежності від терміну його зберігання*

*Ключові слова: ресурс, пошкодженість, критична деталь, міцність, напружено-деформований стан*

У процесі тривалого зберігання деталі авіаційних силових установок можуть зазнавати корозійних уражень, які не завжди можливо виявити існуючими засобами контролю. Такі пошкодження можуть призводити до втрати властивостей матеріалів з яких виготовлені деталі, чи появи та розвитку тріщин з осередків корозійного ураження і, як наслідок, до передчасного їх руйнування.

Пошкодження деталей та зміна технічного стану виробів відбувається з деякою закономірністю. Виявити таку закономірність і з деяким рівнем вірогідності спрогнозувати тривалість подальшого використання виробу можливо за допомогою математичного апарату теорії ймовірності та регресійного аналізу. Для цього необхідно мати статистичні дані параметру, який впливає на технічний стан виробу, та допустиму межу його зміни. Наприклад, в якості такого параметру можливо використати розміри пошкоджень деталей, виміряних при дефектації виробів з різними строками зберігання в умовах АРП (таблиця 1).

Таблиця 1

Відомості про результати дефектації міжвального підшипника в умовах АРП

Найменування параметру	Значення параметру											
Строк зберігання, років	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,7	2	2,1	3,3	9,6	16,3	
Розмір корозійних уражень, мм	0,02	0,05	0,08	0,1	0,15	0,2	0,1	0,05	0,2	0,45	0,6	

За допустиму межу прийняти розмір пошкодження "критичної" деталі, при якому не гарантується подальша безпечна експлуатація виробу. Наприклад, розмір раковини на біговій доріжці підшипника, що утворилася внаслідок корозійного враження при тривалому зберіганні.

Для визначення такої межі необхідно спрогнозувати та отримати залежність зміни залишку ресурсу виробу від розміру дефекту "критичних" деталей. Така

залежність може бути отримана за результатами моделювання впливу розміру дефекту на напружено-деформований стан критичної деталі [3, 4, 5].

В результаті якого визначаються напруження в матеріалі критичної деталі при різних розмірах ушкодження та кількість циклів навантаження (рисунок 1).

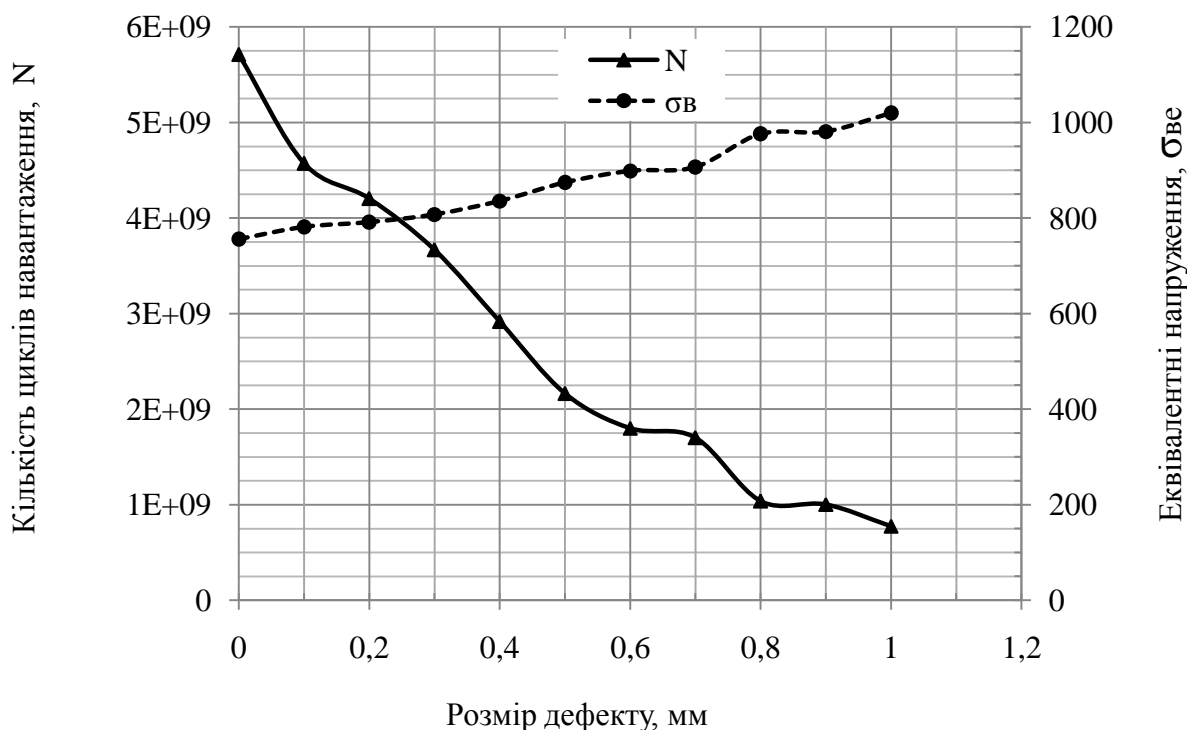


Рис. 1. Залежність кількості циклів навантаження і напружень у матеріалі від розміру дефекту

По розрахованій кількості циклів навантаження непошкодженої критичної деталі, що відповідає її встановленому ресурсу, визначається кількість циклів на час наробітку виробу. Для міжвального підшипника розрахована кількість циклів навантаження складає 577,55 млн. обертів, встановлений ресурс - 1000 годин. Тому, кількість циклів навантаження на час наробітку буде складати 577,55 тис. обертів). Відношення кількості циклів, отриманих при певному пошкодженні критичної деталі до кількості циклів за час наробітку виробу надає значення залишку встановленого ресурсу для відповідного розміру пошкодження деталі. На підставі отриманих результатів проводиться розрахунок тенденції зміни залишку ресурсу в залежності від розміру пошкоджень, середньоквадратичного відхилення значення оцінюємого параметру та довірчий інтервал в межах якого, з заданою імовірністю, буде знаходитися оцінюємый параметр. З урахуванням отриманих результатів в графічному вигляді здійснюється прогнозування зміни залишку ресурсу підшипника в залежності від розміру корозійного ураження (рисунок 2).

Місце перетину на рисунку нижньої межі довірчого інтервалу з значенням залишку ресурсу, який відповідає міжремонтному ресурсу виробу і визначає допустимий розмір ушкодження, при якому забезпечується безпечна експлуатація виробу в межах міжремонтного ресурсу. Цей розмір ушкодження і може бути використано в якості допустимого значення параметру при прогнозуванні

граничного терміну зберігання виробу. В даному випадку для міжремонтного ресурсу 300 годин допустимий розмір пошкодження бігової доріжки підшипника не повинен перевищувати 0,5 мм.

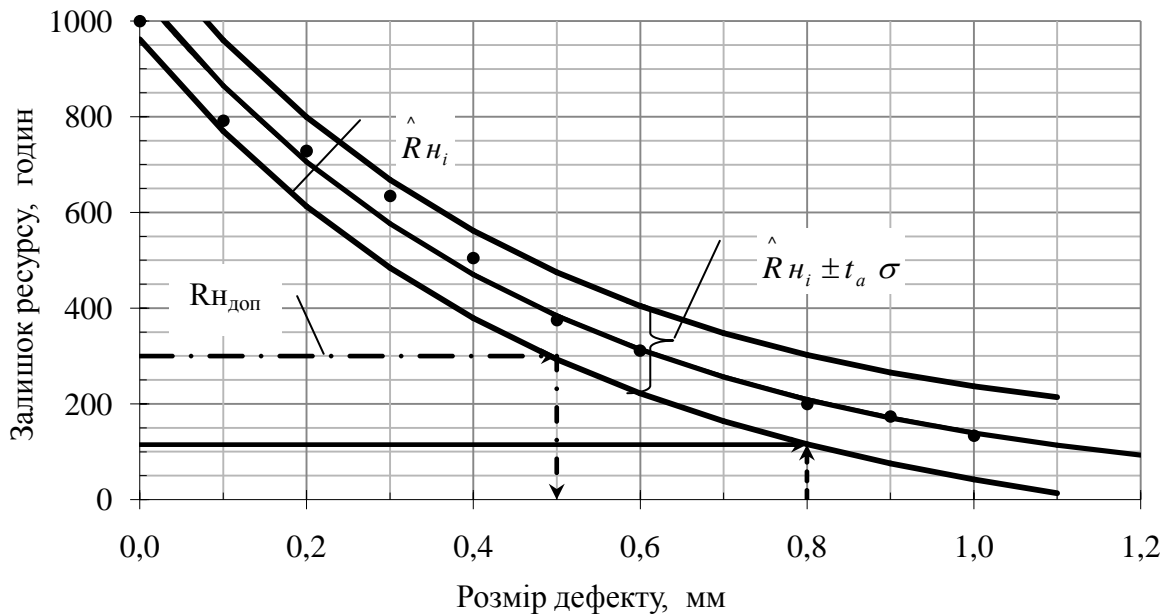


Рис. 2. – Результати прогнозування зміни залишку ресурсу від розміру пошкодження

Для визначення залишку ресурсу двигуна від його строку зберігання необхідно за результатами дефектації критичної деталі в умовах АРП (таблиця 1) спрогнозувати з деякою ймовірністю розвиток розміру корозійних уражень "критичної" деталі в залежності від строку зберігання (рисунок 3).

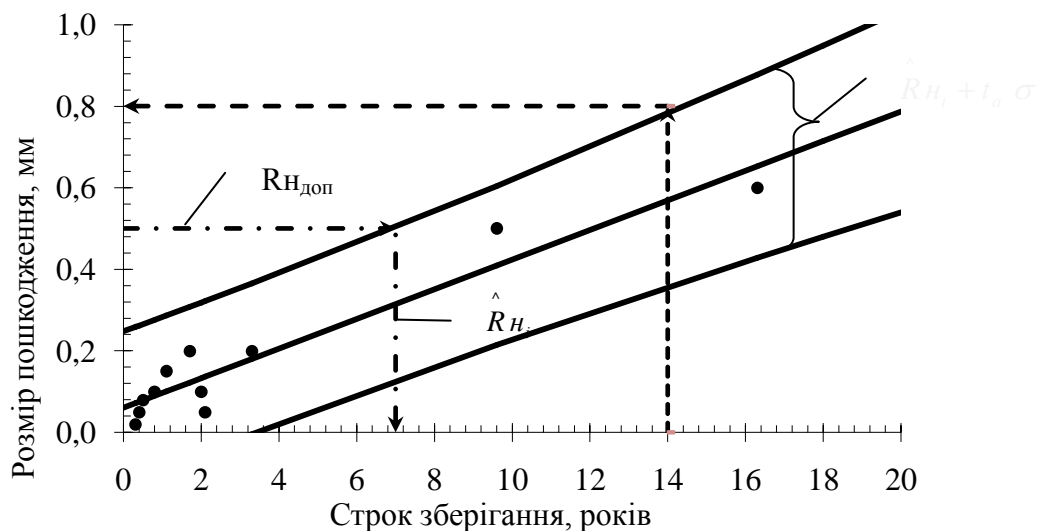


Рис. 3. Результати прогнозування розвитку розміру корозійних уражень "критичної" деталі в залежності від строку зберігання

Із наведеної залежності видно, що при зберіганні виробу до 7 років розмір пошкодження "критичної" деталі з заданою вірогідністю не перевищить допустимої

величини - 0,5мм. Після зберігання в зазначених межах виробу можуть безпечно експлуатуватися в межах міжремонтного ресурсу.

У разі перевищення допустимого строку зберігання, необхідно визначити залишок ресурсу в межах якого виріб може безпечно експлуатуватися. Для цього, використовуючи розраховані залежності розміру дефекту від строку зберігання (рисунок 3) та залишку ресурсу від розміру пошкодження деталі (рисунок 2), можливо визначити межу безпечної експлуатації виробів після тривалого зберігання.

Наприклад, виріб зберігався 14 років. По залежності (рисунок 3) для 14 років визначаємо прогнозований розмір пошкодження "критичної" деталі. В даному випадку він складає 0,8 мм. Далі по залежності (рисунок 2) для пошкодження розміром 0,8 мм визначаємо залишок ресурсу в межах якого можлива безпечна експлуатація виробу після тривалого зберігання. Для даного розміру пошкодження залишок ресурсу складає 115 годин.

Запропонований підхід може бути використано при обґрунтуванні можливості допуску до подальшої експлуатації виробів, які перевищили допустимі строки зберігання, що визначені експлуатаційною документацією.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1958 – 464 с.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессивный анализ. М.: Финансы и кредит, 1986. – 353 с.
3. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с
4. Биргер И.А. Прогнозирование ресурса при малоцикловой усталости. Проблемы прочности. –1985. – №10. – С. 39–44
5. Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации "Информационные системы в математике и механике". – Нижний Новгород, 2006. – 115 с.

*Надійшла до редакції 17.11.2016*

*Рецензент: ДТН Кононов О.А.*