

УДК 004.896

Леошенко С.Д.¹, Пухальська Г.В.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Як об'єкт досліджень обрані лопатки I ст. компресора дв. ТВ3-117, виготовлені зі сплаву ВТ8, які мають експлуатаційне пошкодження пера лопаток двигунів. Дослідження проведено на двох двигунах, що експлуатувалися в однакових умовах, але мають різне напрацювання і, відповідно, різний ступінь пошкодження лопаток: дв. Д1 – 1971 год. Д2 – 990 год. Характер ушкодження кромки лопаток наведено на рис. 1.



Рисунок 1 –Лопатки I-го ступеня дв. ТВ3-117 із пошкодженнями пера.

Експлуатаційні пошкодження пера створює не тільки концентратори напружень, але і призводять до зміни геометрії лопаток [1-4]. Для досліджень із двох двигунів було відібрано по 20 лопаток, які не мають грубих механічних пошкоджень.

Дослідження геометрії лопаток полягало у вимірі хорди, C_1 та C_2 у перерізах А2-А2.....А8-А8. Результати вимірювань свідчать про те, що найбільша зміна геометрії параметрів лопаток відбувається у периферійній зоні (перетин А7-А7 і А8-А8). У вихідних даних $x_1, x_4, x_7, x_{10}, x_{13}, x_{16}, x_{19}$ - В, величина хорди в різних перерізах; $x_2, x_5, x_8, x_{11}, x_{14}, x_{17}, x_{20}$ - C_1 -товщина вхідної кромки; $x_3, x_6, x_9, x_{12}, x_{15}, x_{18}, x_{21}$ - C_2 - товщина вихідної кромки; x_{22} - НВ - твердість вихідної лопатки, НRC; x_{23} - $\sigma_{0.2}$ - межа плинності вихідного матеріалу, МПа; x_{24} - σ_b - межа міцності, МПа; y_1 - T_1 - величина напрацювання загальна, год; y_2 - T_2 - величина напрацювання до 1 ремонту, год; y_3 - частота власних коливань лопаток, Гц.

Були збудовані лінійні регресійні моделі. Так для першого двигуна були отримані такі моделі:

$$y_1 = 5493,3 + 787,81x_3 - 174,09x_{13} - 15979x_{15} + 907,93x_{16} - 3533,5x_{17} + 19309x_{18} - 735x_{19} - 4496,7x_{20} - 5967x_{21};$$

точність моделі: 0,0065.

$$y_2 = 1730,8 + 248,21x_3 - 54,85x_{13} - 5034,5x_{15} + 286,06x_{16} - 1113,3x_{17} + 6083,6x_{18} - 231,58x_{19} - 1416,8x_{20} - 1880x_{21};$$

точність моделі: 0,006.

$$y_3 = 1015,7 + 71,182x_6 - 0,85927x_{16} + 46,001x_{17} - 160,38x_{18} - 11,27x_{19} - 161,8x_{20} + 70,668x_{21};$$

точність моделі: 0,0058.

Для другого двигуна були отримані такі моделі:

$$y_1 = -6329,7 + 104,18x_5 + 577,55x_{16} - 887,97x_{17} - 6417x_{18} - 194,56x_{19} + 426,08x_{20} - 8265,3x_{21};$$

точність моделі: 0,005.

$$y_2 = -2883,5 + 47,46x_5 + 263,1x_{16} - 404,52x_{17} - 2923,3x_{18} - 88,633x_{19} + 194,1x_{20} - 3765,3x_{21};$$

точність моделі: 0,006.

$$y_3 = 989,16 - 3,2178x_4 - 17,851x_{16} - 57,823x_{17} - 132,7x_{18} + 10,239x_{19} + 24,261x_{20} - 22,105x_{21};$$

точність моделі: 0,0056.

Для загальної вибірки даних по двох двигунах були отримані наступні моделі:

$$y_1 = 15976 + 111,95x_{13} + 1444,9x_{14} - 2869,8x_{15} + 213,64x_{16} - 3010,7x_{17} + 3429x_{18} - 780,91x_{19} - 2449,6x_{20} - 1397x_{21};$$

точність моделі: 0,006.

$$y_2 = 6146 + 39,731x_{13} - 31,269x_{14} - 1359,9x_{15} + 38,801x_{16} - 472,48x_{17} + 788,81x_{18} - 254,39x_{19} - 411,03x_{20} - 532,82x_{21};$$

точність моделі: 0,006.

$$y_3 = 1236,9 - 31,607x_{13} + 58,769x_{14} - 66,747x_{15} + 17,876x_{16} - 64,156x_{17} + 47,107x_{18} - 6,5416x_{19} - 79,377x_{20} + 51,834x_{21};$$

точність моделі: 0,005.

Отримані регресійні моделі показують, що найбільший вплив на ресурс роботи двигуна здійснюють товщини вхідної та вихідної кромки лопаток у верхніх перерізах А6-А6.....А8-А8. На частоту власних коливань лопаток

також найбільше впливає геометрія вхідної та вихідної кромок лопаток у перерізах А7-А7.....А8-А8. Таким чином, при експлуатації вертольотних двигунів особливу увагу треба приділяти застосуванню у верхній частині пера лопатки захисних покриттів, щоб мінімізувати ерозійний знос кромок лопаток та подовжити ресурс роботи двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабенко О. Н. Анализ результатов исследования частот и форм собственных колебаний рабочей лопатки 1 ступени КНД / О. Н. Бабенко, Т. И. Прибора // Вестник двигателестроения. – 2018. – № 2. – С. 91–98.
2. Двирник Я. В. Влияние пылевой эрозии на газодинамические характеристики осевого компрессора ГТД / Я. В. Двирник, Д. В. Павленко // Вестник двигателестроения. – 2017. – № 1. – С. 56–66.
3. Ефанов В. С. Эрозионная стойкость лопаток компрессора вертолетных ГТД с различными типами покрытий / В. С. Ефанов, А. Н. Прокопенко, А. В. Овчинников, Ю. Н. Внуков // Вестник двигателестроения. – 2017. – № 1. – С. 120–123.
4. Павленко Д. В. Закономерности изнашивания рабочих лопаток компрессора вертолетных двигателей, эксплуатирующихся в условиях запыленной атмосферы / Д. В. Павленко, Я. В. Двирник // Вестник двигателестроения. – 2016. – № 1. – С. 42–51.