

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ МОНОКОЛЕСО В АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНАХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Авіаційні двигуни – це високотехнологічні продукти, виробництво яких потребує постійного вдосконалення технологій і методів їх виготовлення задля забезпечення можливості зростання ефективності й технічних характеристик. Головними чинниками успішної розробки нових або удосконалення існуючих авіаційних двигунів є використання покращених та нових прогресивних матеріалів [2] та вдосконалення конструкції вузлів і агрегатів.

Одним із таких конструктивних рішень стало стрімке впровадження у 1980-х роках деталей типу моноколесо, або BLISK (скорочено від blade integrated disk – диск з інтегрованими лопатками) [1], де диски ступенів компресора і лопатки виготовлені як одна ціла деталь [3]. Крім того, ступені компресора між собою можуть з'єднуватися за допомогою зварювання, як-от електронно-променевого, виключаючи таким чином необхідність використання болтових з'єднань.

Значна економія витрат при виготовленні й ремонті досягається за рахунок скорочення обсягу монтажних робіт, оскільки зникає необхідність виконувати встановлення і демонтаж лопаток з диска компресора як при складанні, так і при ремонті, а також відсутня потреба у використанні деталей разової постановки, як-от замки (для встановлення і закріплення лопаток в посадкові місця на диску), обтискні гайки (для з'єднання дисків ступенів компресора між собою) та інші, які потребують 100% заміни при ремонті.

Відсутність необхідності закріплення лопатки в диску дозволяє спростити конструкцію моноколеса, при цьому його вага може на 20–30% бути меншою, ніж у класичному виконанні, що в цілому може знизити вагу двигуна, а в деяких випадках і його габарити, тим самим покращуючи його паливну ефективність, а відповідно – і знижуючи викиди в навколишнє середовище [4]. До того ж процес виробництва замкових з'єднань досить трудомісткий і полягає у протягуванні пазів у диску, що потребує високої точності виконання й якості обробки, а вартість виготовлення протяжок для нарізання «ялинкових» замків дуже висока. Також відсутність замкових з'єднань сприяє підвищенню аеродинамічної ефективності, оскільки забезпечується плавність переходу від профілю лопатки до поверхні диску – без стиків, зазорів тощо.

Використання суцільної конструкції дозволяє уникнути прояву такого негативного явища, як фретингова втоми, яка виникає в зоні контакту двох поверхонь, що перебувають під високим статичним навантаженням і піддаються дуже малим циклічним переміщенням одна відносно одної, і призводить до появи таких дефектів, як втомні тріщини, лунки зносу, які безпосередньо знижують термін експлуатації вузла, його міжремонтний ресурс і призводять до необхідності їх заміни. До того ж монолітна конструкція має порівняно більшу міцність і, відповідно, може сприймати більші навантаження.

Однак моноколесо в контексті ремонтпридатності має один суттєвий недолік. У разі забракування в процесі ремонту будь-якої із лопаток на диску компресора з вставними лопатками, їх легко замінити на нові або відремонтовані. Натомість при пошкодженні поверхонь лопаток моноколеса, таку заміну виконати неможливо, а враховуючи умови роботи роторів компресора авіаційних двигунів, такі види відновлення, як наплавка і підварка, на таких вузлах не допускаються.

Список літератури:

1. Kumar R. A review on blisk technology / R. Kumar // International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology. – May 2013. – Vol. 2, Issue 5. – pp. 1353 – 1358.
2. Calleja A. Blisk blades manufacturing technologies analysis / A. Calleja, H. Gonzalez, R. Polvorosa, G. Gomez and other // 8th Manufacturing Engineering Society International Conferens. – 19-21 June 2019, Madrid. – pp. 714 – 722.
3. Lakshmi M. S. Design and life estimation of blisk in gas turbines / M. S. Lakshmi, V. N. Bhushaga Rao // International Research Journal of Engineering and Technology. – Feb. 2018. – Vol. 05, Issue 02. – pp. 1065 – 1076.
4. Gonzalez-Barrio H. Manufacturing Processes of Integral Blade Rotors for Turbomachinery, Processes and New Approach / H. Gonzalez-Barrio, A. Calleja-Ochoa, A. Lamikaz, L. N. Lopez de Lacalle // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10(9): 3063.