

# НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МАШИНОБУДУВАННІ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА. СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ, ТРИБОЛОГІЯ ПОВЕРХНЕВЕ ОБРОБЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ

## NEW TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING, AUTOMATION OF PRODUCTION. MODERN MATERIALS, TRIBOLOGY, SURFACE TREATMENT, PROTECTION OF MACHINE PARTS AND STRUCTURES

## SESSION 2

### The technology of drum-disk rotors assembly by two test assembly method with test of the prism pulsation

Hennadiy Filimonikhin <sup>1</sup>, Andrew Nevdakha <sup>2</sup>

Kirovograd national technical university  
8 Universitetska av., Kirovograd,

<sup>1</sup> Machine details and applied mechanic department,  
E-mail: fgb@online.ua

<sup>2</sup> Building-machine, road-machine and building department, E-  
mail: avionsua@mail.ru

The technology of gas turbine motors inbearing drum-disk construction by two test assembly method with test of the prism pulsation was created. Corresponding typical processes, mathematic model of the rotor, added algorithms, which ensure technical processes, were created. The efficiency of created technical processes was checked by computer modulation and natural testing on the special provided stand.

The mathematic dependence which determine or describe the virtual rotor creation with using the pair characteristics establishment of the rotor on the prism, them static and dynamic unbalance, functional of the rotor quality making up creating, the forecast formulas of the pulsation of the rotor's link control surface were received.

By using the SolidWorks three-dimensional computer model of the drum-disk rotor was created, control repeatable mechanism, prism, indicators for the control surface rotor's pulsation test were modeled. Assembly processes of the console and inbearing drum-disk rotors by two test assembly method with prism pulsation test as on the vertical erection staple and on prism were researched.

Purposed for researching of the drum-disk construction GTE rotors assembly with pulsation test as on the repeatable control mechanism and on the prisms stand was developed and mode.

Stand consists of two mechanism and different drum-disk rotor's details with may be complete different rotors with different links amount.

There are tested technical process of the rotor's assembly checked the algorithms calculation ect., on the stand.

The technology needs for realization a small number of the equipments and provides the best quality of rotor's pile by increase of the precision. The forecast link rotor's pulsation and decries of mistakes, which are accumulating.

Keywords – typical technological processes, assembling of rotors, rotors of drum-disk construction, gas-turbine engines, prisms.

### Технологія складання роторів барабанно-дискової конструкції методом двох пробних складань із заміром биттів на призмах

Геннадій Філімоніхін<sup>1</sup>, Андрій Невдаха<sup>2</sup>

Кіровоградський національний технічний університет,  
м.Кіровоград, пр.-т.Університетський, 8,

<sup>1</sup> Кафедра деталей машин та прикладної механіки,  
E-mail: fgb@online.ua

<sup>2</sup> Кафедра будівельних, дорожніх машин та будівництва,  
E-mail: avionsua@mail.ru

*Розроблена технологія складання міжопорних роторів барабанно-дискової конструкції газотурбінних двигунів методом двох пробних складань із заміром биттів на призмах. Розроблені відповідні типові техпроцеси, математична модель ротора, алгоритми розрахунків, що забезпечують техпроцеси. Ефективність розроблених техпроцесів перевірена комп'ютерним моделюванням та натурними випробуваннями на спеціально створеному стенді.*

*Технологія потребує для реалізації найменшу кількість технологічного обладнання і забезпечує при цьому найкращу якість складання роторів через збільшення точності прогнозу биттів ланок ротора та зменшення похибок, що накопичуються.*

**Ключові слова** – типові техпроцеси, складання роторів, ротори барабанно-дискової конструкції, газотурбінні двигуни, призми.

#### I. Вступ

В роботах [1-7] був розроблений метод двох пробних складань роторів барабанно-дискової конструкції газотурбінних двигунів і відповідна технологія, призначена для складання консольних роторів із заміром положень деталей ротора на поворотному складальному штапелі. Для складання ротора за цим методом він ділиться на ланки, двічі пробно збирається з певними відносними кутами поворотів ланок. Після кожного складання заміряються биття контрольних поверхонь ланок ротора на поворотному складальному штапелі. За цими биттями, за розробленими алгоритмами, розраховуються характеристики утворених при стикуван-

ні ланок ротора кінематичних пар, моделюється віртуальна зборка ротора, обчислюється значення функціонала якості. Мінімізацією функціонала якості при наявності обмежень на биття одержуються оптимальні кути повороту ланок у роторі, за якими і виконується остаточне – третє складання ротора. Метод двох пробних складань не потребує додаткового обладнання (центрувальних, притискних, перехідних контрольних пристосувань для дисків). Метод було розроблено для складання консольних роторів, так як за базу береться перша деталь ротора (вал передній чи задній), яка встановлюється у поворотний складальний стапель без перекосу і ексцентриситету.

У роботі модифікується метод двох пробних складань роторів барабанно-дислової конструкції та відповідна технологія для збирання міжпорних роторів із заміром биттів на призмах.

## II. Основні результати теоретичних досліджень

Теоретичними дослідженнями [8] були одержані такі основні результати.

1. Розроблені типові технологічні процеси:

- визначення характеристик пар за результатами двох пробних складань ротора із заміром биттів на призмах;
- оптимального складання двоопорних роторів методом двох пробних складань із заміром биттів на призмах.

2. Розроблений математичний апарат, що забезпечує техпроцеси, зокрема, одержані:

- формули визначення характеристик пар по биттям, замірем на призмах;
- рекурентні співвідношення, що моделюють віртуальне складання ротора і встановлення його на призми;
- формули прогнозу биттів контрольних поверхонь ротора;
- формули визначення статичного і динамічного дисбалансу ротора;
- формули побудови функціоналу якості, що враховує розподілений дисбаланс ротора.

## III. Основні результати комп'ютерного моделювання і експериментальних досліджень

Натурними випробуваннями [9] і комп'ютерним моделюванням апробовані розроблені техпроцеси визначення характеристик пар та складання двоопорних роторів барабанно-дислової конструкції за методом двох пробних складань із заміром биттів на призмах. Зокрема, перевірені алгоритми розрахунку характеристик пар, разового складання ротора, прогнозу биттів контрольних поверхонь ротора тощо.

Натурні випробування проводилися на спеціально створеному стенді, який складається із міжпорного ротора барабанно-дислової конструкції, що містить від 3 до 5 ланок, контрольного поворотного пристрою, призм, індикаторів для заміру биттів.

Комп'ютерне моделювання проводилося у системі автоматичного проектування SolidWorks. Для цього була створена трьохвимірною комп'ютерна модель міжпорного ротора барабанно-дислової конструкції, змодельовані контрольний поворотний пристрій, призми, індикатори для заміру биттів.

Була доведена ефективність розроблених техпроцесів. Було встановлено, що при замірі биттів на призмах точність прогнозів биттів ланок ротора збільшується майже вдвічі і зменшуються майже вдвічі похибки, що накопичуються при встановленні ланок у роторний пакет.

## Висновок

Розроблена технологія застосовна для складання міжпорних роторів барабанно-дислової конструкції, потребує для реалізації найменшу кількість технологічного обладнання і забезпечує при цьому найкращу якість складання роторів через збільшення точності прогнозу биттів ланок ротора та зменшення похибок, що накопичуються.

## Література

- [1] Кондратюк Э.В. Учет коробления и неточности изготовления деталей при прогнозировании результатов сборки роторов ГТД / Кондратюк Э.В., Титов В.А., Филимоныхин Г.Б. // Вестник двигателестроения. – 2005. – №1. – С. 61-68.
- [2] Кондратюк Э.В. Сборка ротора КВД газотурбинного двигателя Д-18Т методом двух пробных сборок и последовательной оптимизации // Технологические системы. – 2005. – №2. – С. 10-16.
- [3] Кондратюк Э.В. Анализ характеристик пар, образуемых стыковой звеньев ротора ГТД барабанно-дислової конструкції / Кондратюк Э.В., Титов В.А., Филимоныхин Г.Б. // Вестник национального технического университета Украины „КПИ”. – 2005. – №47. – С. 16-19.
- [4] Кондратюк Э.В. Сборка ротора КВД газотурбинного двигателя методом двух пробных сборок и полной оптимизации / Кондратюк Э.В., Филимоныхин Г.Б. // Технологические системы. – 2005. – №4 (30). – С. 9-14.
- [5] Кондратюк Э.В. Сборка ротора барабанно-дислової конструкції методом двух пробных сборок / Кондратюк Э.В., Титов В.А., Филимоныхин Г.Б. // Технологические системы. – 2005. – №1. – С. 30-34.
- [6] Патент № 33372 Україна. Спосіб складання ротора газотурбинного двигуна / Кондратюк Э.В., Пейчев Г.І., Тітов В.А., Тривайло М.С. Філімоніхін Г.Б. – опубл. 25.06.2008, бюлетень № 12.
- [7] Кондратюк Э.В. Підвищення ефективності та якості складання роторів газотурбинних двигунів барабанно-дислової конструкції: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". — К., 2009. — 22с.
- [8] Філімоніхін Г.Б. Складання двоопорних роторів барабанно-дислової конструкції методом двох пробних складань з заміром биттів на призмах / Філімоніхін Г.Б., Невдаха А.Ю. // Збірник наукових праць КНТУ, 2009, Вип. 22, С. 206–210.
- [9] Філімоніхін Г.Б. Стенд для дослідження процесу складання роторів барабанно-дислової конструкції / Г.Б. Філімоніхін, А.Ю. Невдаха // Збірник наукових праць КНТУ, 2010, Вип. 23, С. 244–249.