

**ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛІ РОТОРА
БАРАБАННО-ДИСКОВОГО ТИПА
ДЛЯ АПРОБАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАННЯ РОТОРІВ ГТД
МЕТОДОМ ДВОХ ПРОБНИХ СКЛАДАНЬ**

А.Ю. Невдаха, Г.Б. Філімоніхін

Кіровоградський національний технічний університет, Україна

На сьогоднішній день найбільш перспективною технологією оптимального складання роторів газотурбінних двигунів (ГТД) барабанно-дискового типу (БДТ) є технологія, заснована на методі двох пробних складань, що розроблена в роботах І.Ф.Кравченка, Е.В.Кондратюка, В.А.Тітова, Г.Б.Філімоніхіна, Г.І.Пейчева, О.Я.Качана [1-4]. Технологію складають типові технологічні процеси, математичні моделі оптимального віртуального складання роторів ГТД БДТ, алгоритми розрахунків, комп'ютерна програма. Але технологія краще працює при складанні консольних роторів, бо биття заміряються на поворотному складальному стапелі (ПСС). В роботі Філімоніхіна Г.Б., Невдахи А.Ю. [5] розробляється технологія складання роторів за методом двох пробних складань з заміром биття на призмах, яка краще працює при складанні двоопорних роторів.

Для числових розрахунків, що забезпечують процес складання роторів ГТД БДТ методом двох пробних складань, в середовищі швидкої розробки прикладних програм Borland Delphi була написана програма.

Для відлагодження програми і апробації типових процесів складання роторів, в системі автоматичного проектування SolidWorks змодельовано типовий ротор ГТД БДТ і процес заміру биття його контрольних поверхонь (КП) на ПСС та на призмах. За допомогою моделі визначався вплив різних факторів, що супроводжують процес складання ротора на результати розрахунків програми.

Комп'ютерна 3D модель має наступні переваги перед натурним ротором:

- можна створювати роторні комплекти з різною кількістю ланок;
- не витрачається час на складання натурального ротора, не зазнають пошкоджень його деталі від багаторазових складань і розбирань, завжди стабільні показання (індикаторів) при замірі биття КП;
- можна довільно змінювати неточність виготовлення посадочних поверхонь ланок ротора.

У типовому роторі ГТД можна умовно виділити три типи ланок: вал передній; проміжна ланка (диск); вал задній (рис. 1). Кожна ланка ротора ГТД має фактичне тіло, технологічні КП та посадочні поверхні. При моделюванні ротора обрано та спрощено основні типи ланок. При цьому збережено їх технологічні особливості та фізичний зміст. Лопатки та інші конструктивні елементи ланок, які не впливають на процес складання роторів за методом двох пробних складань, не моделюються.

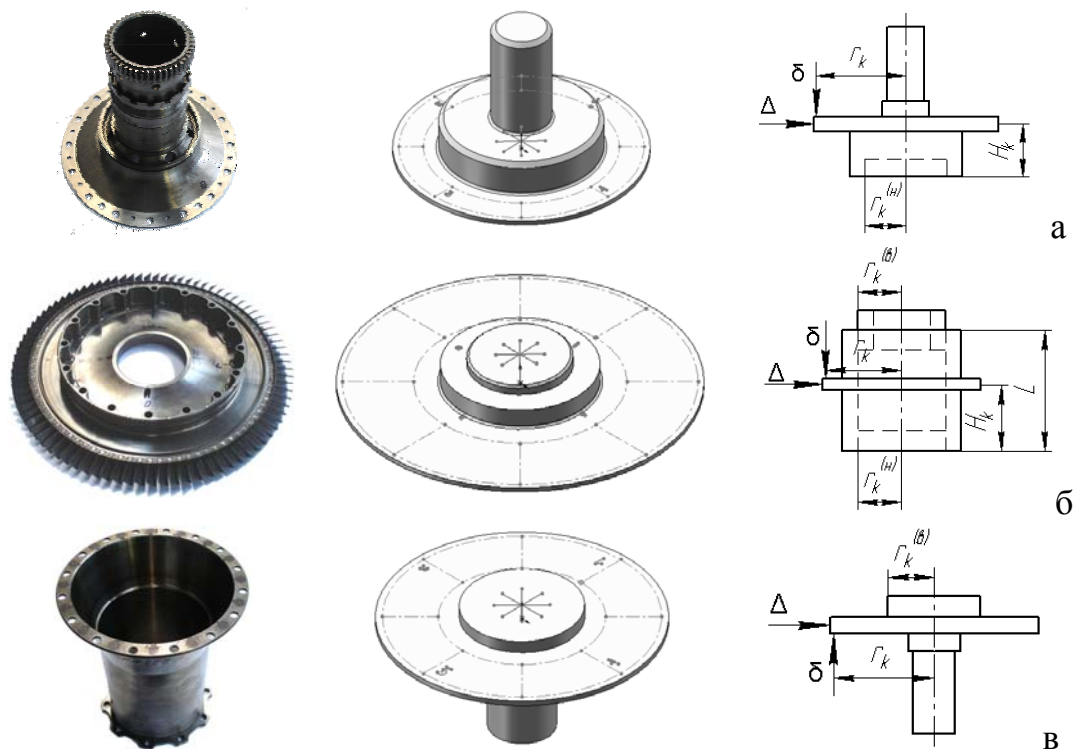


Рис. 1. 3D модель типових ланок ротора БДТ ГТД
а – ланка з фланцевим з'єднанням ФП; б – проміжна ланка у вигляді гільзи; в – ланка з фланцевим з'єднанням ФІ

В 3D моделі ротора задаються кількість і основні геометричні розміри ланок ротора, а величини ексцентриситетів і перекосів посадочних поверхонь ланок встановлюються випадково, що дозволяє складати різні роторні комплекти одного типу ротора. З врахуванням цих особливостей 3D модель ротора ГТД БДТ є імітаційною комп'ютерною моделлю.

Фактичне тіло ланки ротора має спільну вісь з КП, а посадочні поверхні виконані із деяким ексцентриситетом та перекосом (рис. 2). Це моделює процес виготовлення ланок ротора із похибками, наприклад, коли контрольні і посадочні поверхні обробляються не за одну установку деталі на верстат.

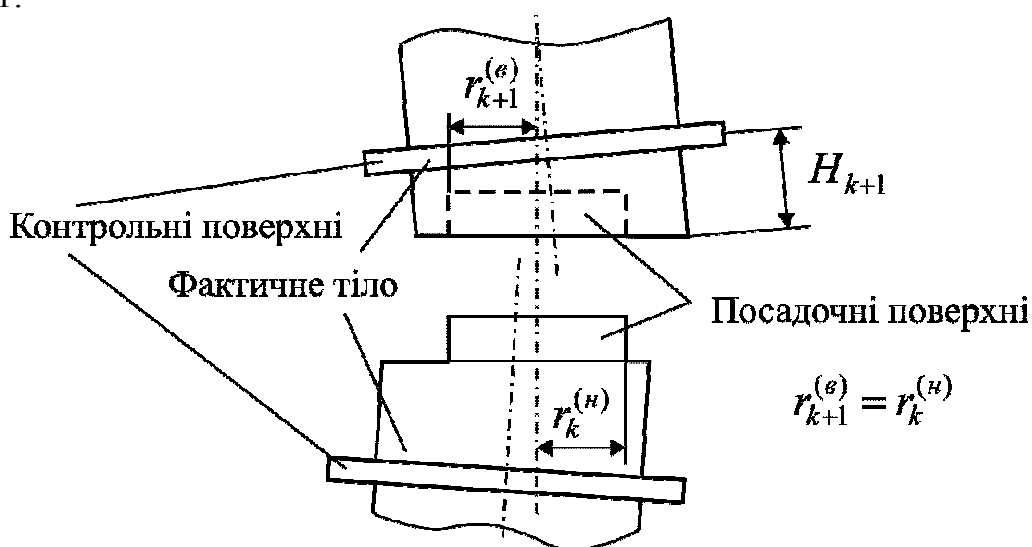


Рис. 2. З'єднання ланок ротора

Апробація технології оптимального складання роторів БДТ проводилась в такій послідовності: модель ротора двічі пробно складалась із різними взаємними розворотами ланок; після кожного пробного складання замірялися биття КП (на ПСС чи на призмах); отримані дані заносились до програми, розраховувались оптимальні кути повороту ланок; модель ротора складалась з оптимальними кутами поворотів ланок; замірялися досягнуті биття КП ланок (на ПСС чи на призмах), та порівнювалися з биттям КП при першому та другому пробних складаннях.

При проведенні комп'ютерного моделювання: експерименти проводилися на роторах, що складаються з 2-х, 3-х, 4-х та 5-ти ланок; для кожного типу ротора створювалися три різні роторні комплекти; кожен комплект збирався із заміром биття КП як на ПСС, так і на призмах.

При моделюванні:

- змінювалась точність заміру биття КП із 0,1 мм до 0,00001 мм;
- вводилась похибка встановлення індикаторів при замірі торцевого і радіального биття КП ланок в межах ± 1 мм, ± 2 мм, ± 3 мм, ...;
- змінювалась кількість призонних болтів, що з'єднують між собою ланки ротора (крок повороту однієї ланки відносно іншої): 8 (45°), 16 ($22,5^\circ$), 24 (15°) та 32 ($11,25^\circ$).

Висновки (основні результати). Встановлено, що биття КП ланок ротора, оптимально складеного за методом двох пробних складань, до 15 разів менші, ніж у довільно складеного ротора.

Встановлено, що навіть при 32 призонних болтах (коли оптимальні кути визначаються із найменшим кроком – $11,25^\circ$):

- точність заміру биття (від 0,1 мм до 0,00001 мм) не впливає на прогнозовані биття КП та величини оптимальних кутів поворотів ланок;
- похибка встановлення індикаторів при замірі торцевого і радіального биття КП ланок величиною до ± 5 мм впливає лише на точність прогнозу биття КП ланок, але не впливає на величини оптимальних кутів, що розраховує програма.

Технологія оптимального складання роторів ГТД БДТ методом двох пробних складань стійка до точності вимірювань і неточностей встановлення індикаторів биття і може застосовуватися для складання зазначених роторів на виробництві.

Література

1. СОУ-Н МПП 49.050-074:2006. Складання роторів газотурбінних двигунів барабанно-дискової конструкції методом двох пробних зборок / Е.В.Кондратюк, В.А.Тітов, Г.Б.Філімоніхін // Настанова Міністерства промислової політики України, 2006. – 32 с.
2. Патент № 33372 Україна. Спосіб складання ротора газотурбінного двигуна / Кондратюк Е.В., Пейчев Г.І., Тітов В.А., Тривайло М.С. Філімоніхін Г.Б. – опубл. 25.06.2008, бюлетень № 12.

3. Тітов В.А. Забезпечення ресурсу та експлуатаційної надійності виробів машинобудування технологічними методами - науковий напрямок кафедри МПМ та РП НТУУ «КПІ» / В.А.Тітов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Машинобудування». – 2010. № 60. с. 25-32.
4. Кравченко И.Ф. Сборка роторов ГТД барабанно-дискового типа: типовые процессы, алгоритмы расчетов: Монография / И.Ф.Кравченко, Э.В.Кондратюк, В.А.Титов, Г.Б.Филимонихин, Г.И.Пейчев, А.Я.Качан. – Киев: КВИЦ, 2011. – 197 с.
5. Філімоніхін Г.Б. Складання двоопорних роторів барабанно-дискової конструкції методом двох пробних складань з заміром биттів на призмах / Г.Б.Філімоніхін, А.Ю.Невдаха // Збірник наукових праць КНТУ, 2009, Вип. 22, С. 206–210.