



УДК 621.452.3-226.2-71(075.8)

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗОНИ З'ЄДНАННЯ ДИСКА ТУРБИНИ З ВАЛОМ ЗА РЕЗУЛЬТАТОМ КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ

М. С. Шиян, Є. В. Марценюк

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Диски компресорів і турбін ГТД відносяться до категорії основних деталей, руйнування яких може мати катастрофічні наслідки для двигуна, а в деяких випадках і для літального апарату загалом. Забезпечення роботоздатності та надійності дисків становить одну з основних проблем проектування двигуна. Складність полягає в тому, що диски сучасних двигунів, особливо диски ТВТ, працюють в умовах тривалого впливу вкрай високих циклічних навантажень та температур.

Як правило, процес проектування нового виробу ґрунтується на накопиченому досвіді та існуючих прототипах. При проектуванні дисків найчастіше доводиться вирішувати обернену задачу, яке ставлять так: якими мають бути форма і розміри при вибраному матеріалі, щоб виконувались умови міцності, вимоги до конструктивних і вагових обмежень тощо. Якщо якась із вимог не виконується, вносять зміни до конструкції. Це призводить до багаторазових ітерацій, що потребує значних витрат за часом і не завжди гарантує найкраще рішення.

Застосування сучасних розрахункових програмних комплексів, заснованих на методі кінцевих елементів, дозволяє суттєво автоматизувати і цим прискорити процес оптимізації конструкції за заданими критеріями. У програмі ANSYS оптимізація проектних розробок є комп'ютерною технологією, що полягає у виборі оптимального проекту з кількох за допомогою кінцево-елементного аналізу. Розробник вибирає критерії та обмеження проекту і створює таку ж параметричну модель, як і під час параметричного проектування. Процедура оптимізації керує виконанням аналізу на основі прийняття рішення про значення параметрів, що використовуються при пробних розрахунках. Засоби оптимізації програми ANSYS дозволяють оптимізувати фактично будь-який об'єкт проекту: форму силового елемента, значення напружень, власних частот і температур, потенціали магнітного поля та інші дискретні величини, а не тільки вартість проекту або вагу конструкції, як у більш обмеженому підході.

Ця робота спрямована на оптимізацію місця з'єднання диска турбіни високого тиску з валом за критерієм міцності. З'єднання диска з валом здійснюється через перемичку, яка закінчується фланцем (рис. 1, а). Перемичка навантажена значними напруженнями вигину, що спричинені радіальним переміщенням маточини диска на робочих режимах. У номінальній конструкції має місце високий рівень осьових напружень на зовнішній і внутрішній поверхнях перемички в місці її примикання до диска. Концентрація обумовлена наявністю трьох концентраторів: верхнього і нижнього заокруглення та отвору.



Рекомендовані шляхи зменшення рівня номінальних напружень в перемичці зазвичай такі: розташовувати перемичку, на такому радіусі, де різниця в радіальних переміщеннях фланців вала і диска є мінімальною, і збільшити осьовий розмір перемички. Але ці шляхи вимагають істотних змін у конструкції диска і не можуть бути впроваджені з огляду на габаритні обмеження. Авторами роботи запропоновано альтернативний варіант. Він полягає у заміні виду навантаження – переході від чистого вигину до комбінації вигину та розтягування. Це реалізується шляхом зміни форми циліндричної перемички на конічну (рис. 1, б).

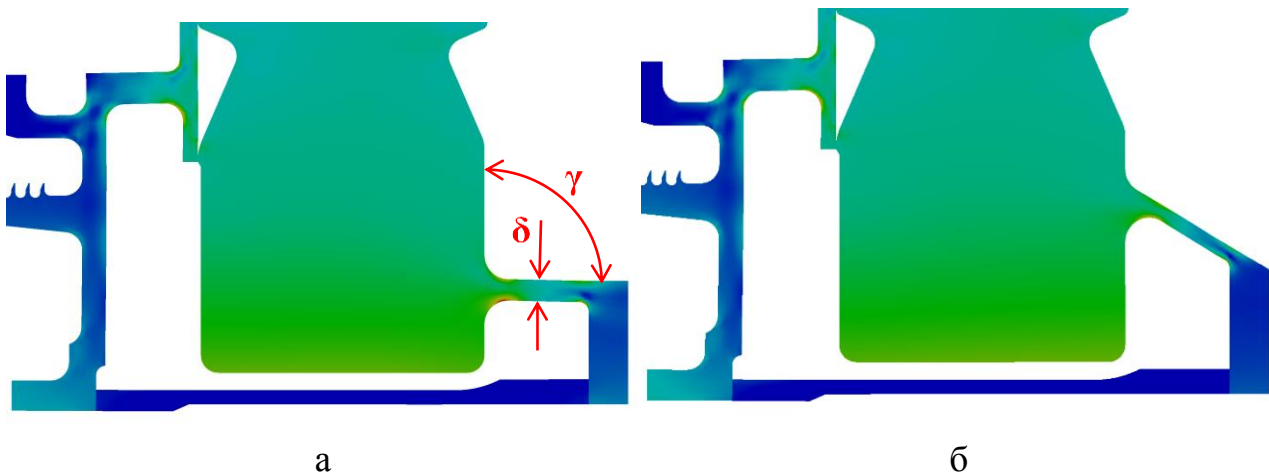


Рис. 1 – Зона з'єднання диска ТВТ з валом:
а – номінальна конструкція; б – результат оптимізації

Як керуючі параметри обрані кут нахилу перемички до бічної стінки диска та її товщина. Додатковими обмеженнями є форма та розміри диска та фланця – вони мають залишатися без змін. Радіуси переходу між перемичкою та диском також не змінюються. Проаналізовано варіанти комбінацій: кута нахилу – 90° , 100° , 110° , 120° , і товщини – 3, 4,5, 5,5 мм. Номінальна геометрія відповідає комбінації кута 90° і товщини перемички 4,5 мм. Оптимізація напруженого стану диска було проведено з урахуванням його теплового стану і силових навантажень, що відповідають максимальному режиму роботи двигуна. Всі розрахунки виконано у стаціонарній постановці, а перехідні процеси, що пов'язані з поширенням тепла під час зміни режиму роботи до уваги не приймалися. В результаті вдалося зменшити концентрацію напружень в аналізованій зоні більше ніж на 18%.

Продовження цієї роботи буде спрямовано на оптимізацію інших зон концентрації напружень в номінальній конструкції досліджуваного диска.