



Конструкція і міцність

УДК 621.438.03

РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ЛОПАТКИ РОБОЧОГО КОЛЕСА КОМПРЕСОРА ГТД ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНИХ ПРОГРАМ

В. Р. Галетинко, В. А. Даценко, К. В. Фесенко

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”*

Робочі лопатки осьового компресора високого тиску (КВТ) є навантаженими деталями газотурбінного двигуна, від надійної роботи яких залежить надійність роботи двигуна в цілому. В цьому дослідженні зроблені розрахунки на міцність лопатки робочого колеса (РК) КВТ за допомогою спрощеної методики, яка базується на методі скінчених різниць, та програми ANSYS Static Structural, а також проведено порівняння отриманих результатів розрахунку.

Згідно з методикою, розрахунок лопатки компресора на міцність проводиться для визначення статичних напружень і запасів міцності у різних перетинах за висотою пера лопатки. В розрахункових перетинах визначаються напруження розтягування від відцентрових сил і напруження вигину від газових та відцентрових сил, після чого обчислюються запаси міцності, які не повинні бути менше значень, що передбачені нормами міцності.

Для розрахунку пера лопатки розбивають поперечними перетинами на кілька рівних ділянок за висотою. Число розрахункових перетинів обирається в залежності від необхідної точності розрахунку. Достатню точність дає розбивка пера лопатки за висотою на десять рівних частин. З розрахунку лопатки видно, що найбільш навантажений перетин – втулковий. Напруження розтягування вище ніж напруження вигину, що характерно для компресорних лопаток. Отримані значення запасів міцності у всіх перетинах відповідають нормам міцності (для робочих лопаток компресора – не менше 1.5). В самому навантаженому перетині запас міцності (K) лопатки дорівнює $K = 8.571$.

Для проведення 3D статичного розрахунку лопатки РК КВТ за допомогою програми ANSYS Static Structural потрібно мати 3D модель лопатки, яка створена за допомогою графічної системи Siemens NX. Щоб надалі можна було порівняти результати 3D розрахунку з розрахунком за спрощеною методикою, потрібно розділити бічну поверхню пера лопатки на 10 ділянок однакової висоти. На рис. 1 показана 3D модель лопатки з поверхнею умовного розділу за висотою.

Після створення розрахункової сітки до моделі додаються навантаження, закріплення та умови роботи. В результаті розрахунку отримано розподіл напружень за висотою лопатки, з яких видно, що найбільші еквівалентні напруження знаходяться на втулці і зменшуються по мірі наближення до периферії лопатки. На рис. 2 наведені результати розрахунку у вигляді розподілу напруження за висотою лопатки зі сторони тиску (а) та сторони розрідження (б) відповідно.

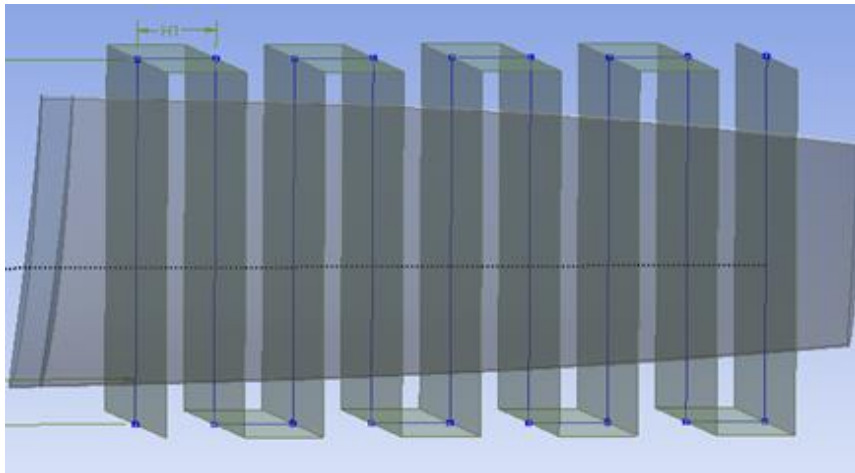


Рис. 1 – 3D модель лопатки з поверхнею умовного розділу

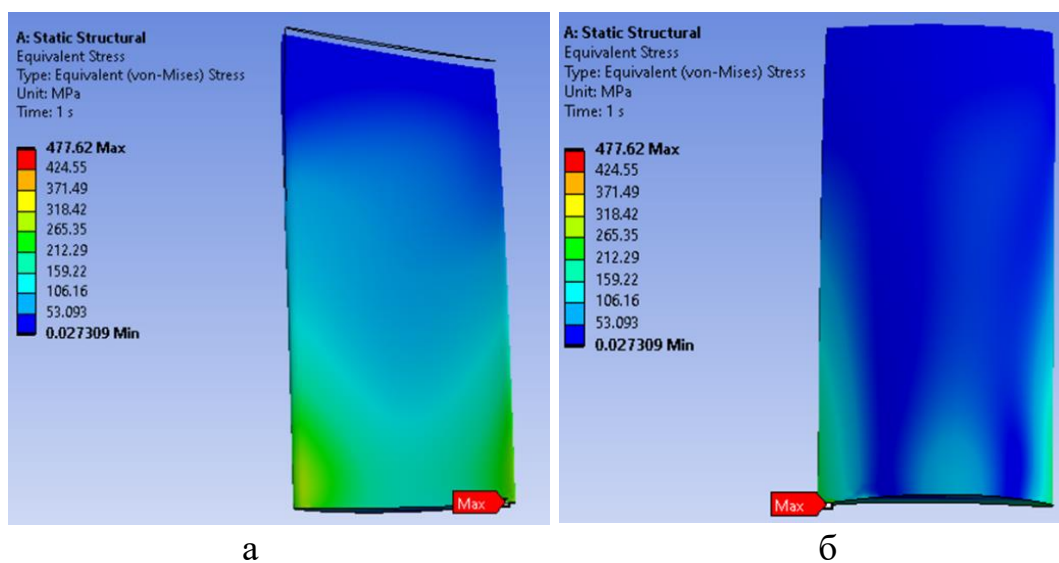


Рис. 2 – Розподілення еквівалентних напружень на стороні тиску(а) та на стороні розрідження (б) лопатки

Зроблено зіставлення результатів розрахунку лопатки РК КВТ за спрощеною методикою та 3D розрахунку за допомогою програми ANSYS Static Structural. На рис. 3 представлено графіки розподілення еквівалентних напружень за висотою лопатки РК першого ступеня КВТ, де точками позначені результати розрахунків за спрощеною методикою, а лініями – результати 3D розрахунку. Результати наведено в точках А (передня кромка), В (задня кромка лопатки) та С (сторона розрідження лопатки). З цього графіку можна зробити висновки про якісний збіг результатів розрахунків, особливо ближче до периферії лопатки та для точки С профілів. Щодо найбільш напруженого втулкового перетину лопатки, то різницю в отриманих значеннях еквівалентних напружень між двома розрахунками можна пояснити не повним врахуванням всіх навантажень, притаманних роботі лопатки робочого колеса компресора. Так, у розрахунку по спрощеній методиці не враховувались напруження кручення, які впливають на еквівалентні напруження в лопатці, особливо на її кромках.

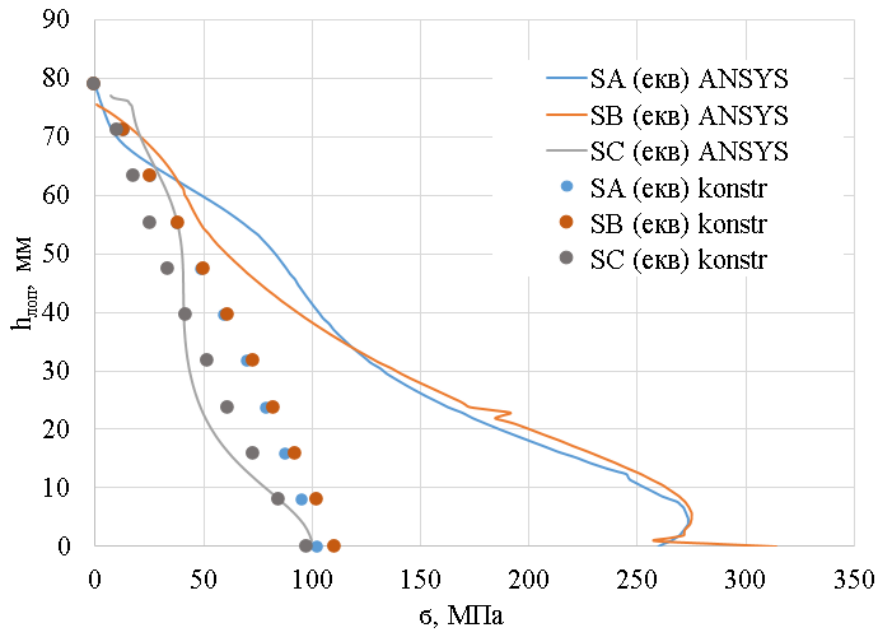


Рис. 3 – Розподіл еквівалентних напружень за висотою лопатки

Далі на рис. 4 наведено графіки розподілення коефіцієнта запасу міцності за висотою лопатки РК.

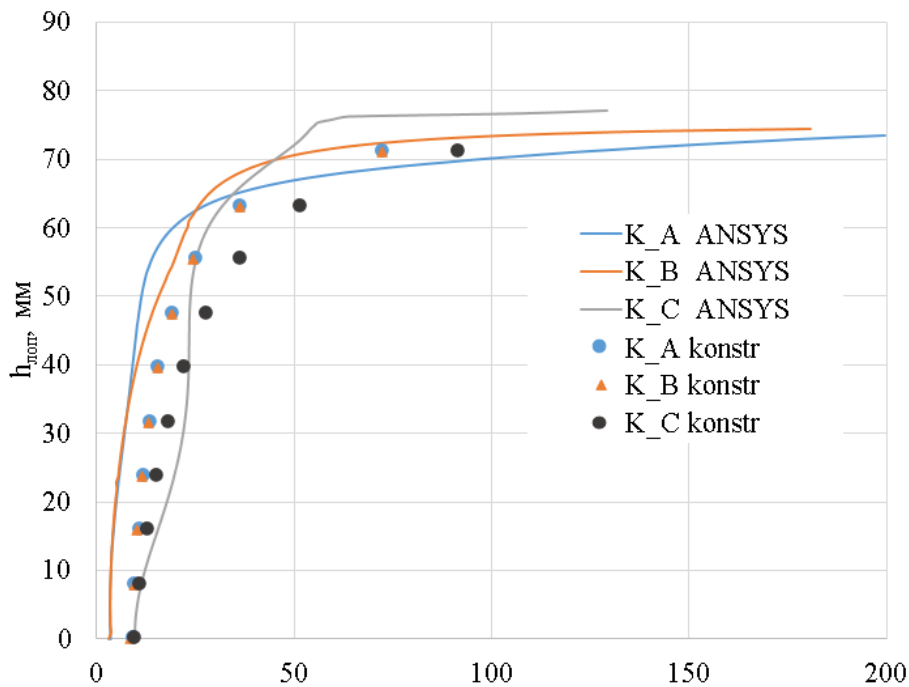


Рис. 4 – Розподіл коефіцієнта запасу міцності за висотою лопатки

У результаті порівняння двох розрахунків можна побачити, що коефіцієнти запасу міцності, які розраховано у 3D розрахунку, менші, ніж у розрахунку за спрощеною методикою. Це пов'язано з більшою точністю 3D розрахунку, коли враховано всі навантаження, які діють на лопатку, і отримано більші величини напруження. Але навіть у тривимірному розрахунку коефіцієнт запасу міцності відповідає вимогам до робочих лопаток компресора і складає $K = 3.025$.