

УДК 338:658.5

Красников О. О.
начальник відділу компресорів ДП «Івченко-Прогрес»,
м. Запоріжжя, Україна

Кухтін Ю. П.
канд. техн. наук, провідний інженер, ДП «Івченко-Прогрес»,
м. Запоріжжя, Україна

ЗНИЖЕННЯ ВІБРОНАПРУЖЕНОСТІ ЛОПАТОК ОСЬОВОГО КОМПРЕСОРА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Одним із основних факторів забезпечення конкурентоспроможності двигуна є збільшення його ресурсу. Більшість дефектів авіаційних двигунів пов'язані з дією змінних навантажень на робочі лопатки компресора і турбіни, тому підвищення динамічної міцності лопаток одна із найважливіших умов забезпечення надійності двигуна.

Виходячи з наявного рівня розвитку чисельних методів і обчислювальних ресурсів, що розташовуються, рішення задачі зниження вібронапруженості (аеропружних коливань) лопаток компресора в зв'язаній постановці застосовувати в практиці проектних робіт не представляється можливим і вимагає розумних спрощень в підходах до рішень.

Як інструмент дослідження використовувався програмний пакет SUnFlow, в якому реалізовано чисельне інтегрування середніх по Рейнольдсу рівнянь Нав'є-Стокса (URANS), записаних у наближенні тонкого шару для циліндричної системи координат [3]. При розрахунку в'язких турбулентних течій основні рівняння збереження замикаються стандартною $k-\epsilon$ моделлю турбулентності Лаундера-Сполдінга.

У пакеті реалізовано чисельну схему С.К. Годунова, що має 2й порядок точності за простором. В'язкі компоненти апроксимуються центральними різницями.

Об'єктом для досліджень послужив ступінь компресора високого тиску, що містить 120 лопаток вхідного НА (ВНА), 83 робочі лопатки та 104 лопатки НА (рис. 1).

У розрахункову область увійшли повні кола вінців із сіткою, що містить 9,2 млн. осередків для першого вінця, 5,7 млн. осередків – для другого та 6.3 млн. осередків – для третього.

На вхідній межі розрахункову область задавалися: повний тиск, повна температура і кути входу потоку. На вихідний - статичний тиск та умова радіальної рівноваги. На поверхні ковзання між вінцями забезпечувалася умова консервативності для

Конструкція і міцність

конвективних та дифузійних потоків. Граничні умови на твердих стінках, знаходження зсувних напруг, кінетичної енергії турбулентності (ТКЕ) і швидкості дисипації ТКЕ, визначалися з допомогою пристеночної функції.

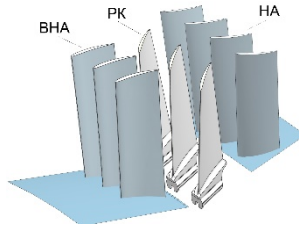


Рисунок 1 – Об'єкт дослідження

Виконано розрахунок двох варіантів ступенів компресора з різними конфігураціями ВНА:

1 варіант для 120 лопаток ВНА рівнорозташованих по колу;

2 варіант для 120 лопаток різнокроковим розташуванням лопаток по колу.

Порівняння результатів розрахунків наведено у таблиці 1

Таблиця 1 – Порівняння варіантів

Параметр	F_{η} [н]	$\sigma_{\max}$ (сторона тиску) [кгс/мм ²]	$\sigma_{\max}$ (сторона розрядження) [кгс/мм ²]
Варіант 1	1,46	0,388	-0,354
Варіант 2	0,45	0,013	-0,012
Δ	69%	97%	97%

Висновки

Для зниження резонансної напруги необхідно зменшувати амплітуду або змінювати частоту збудливої аеродинамічної сили.

Застосування різнокрокового ВНА дозволило знизити амплітуду сумарної збуджуючої сили на 69 %.

Отримане чисельним шляхом падіння напруги $\sigma_{\max}$ на перелопатки якісно збіглося з результатами фізичного експерименту.

Список літератури

1. Дрейер, Г. Учение о прочности [Текст] / Г. Дрейер. – М. : Машиностроение, 1964. – 416 с.

2. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин [Текст] : Справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич; – М. : Машиностроение, 1993. – 640 с.

3. Кухтин, Ю. П. Верификация метода численного моделирования отрывных течений газа [Текст] / Ю. П. Кухтин, В. М. Лапотко, Г. И. Слынько // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2013. – Вып. 8(105). – С. 35–39. – ISSN 1727-7337.