

УДК 621.165

**ДОНЧЕНКО В. В.<sup>1\*</sup>, ГНЕСІН В. І.<sup>2</sup>, КОЛОДЯЖНА Л. В.<sup>3</sup>,  
КРАВЧЕНКО І. Ф.<sup>4</sup>, ПЕТРОВ О. В.<sup>5</sup>**

## **АЕРОПРУЖНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛОПАТКОВОГО ВІНЦЯ ВЕНТИЛЯТОРА АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА**

<sup>1</sup> інженер-конструктор 1-ї категорії ГП «Івченко-Прогрес», м. Запоріжжя, Україна.

<sup>2</sup> д.т.н., проф., провідний науковий співробітник Інститута проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, м. Харків, Україна, e-mail: gnesin@ukr.net.

<sup>3</sup> д.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інститута проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, м. Харків, Україна, e-mail: lyubovvladimirovna60@gmail.com.

<sup>4</sup> д.т.н., директор ГП «Івченко-Прогрес», генеральний конструктор, м. Запоріжжя, Україна.

<sup>5</sup> к.т.н., керівник групи статичної та динамічної міцності роторів компресорів ГП «Івченко-Прогрес», м. Запоріжжя, Україна.

\* e-mail: 03530@ivchenko-progress.com.

**Вступ.** Проектування сучасних авіаційних двигунів тісно пов'язане з результатами експериментальних методів дослідження флатера лопаткових апаратів турбомашин. Але ці методи надзвичайно трудомісткі і дорогі. У зв'язку з цим зростає значення обчислювальних методів в проблемі аеропружності. Сучасні тенденції розвитку ЕОМ і вдосконалення чисельних методів розв'язання задач нестационарної газодинаміки і динаміки пружних коливань лопаток дозволяє не тільки доповнити експериментальні дослідження, а й у багатьох випадках цілком замінити їх.

На підставі аналізу сучасного стану проблеми аеропружності турбомашин та існуючих методів прогнозування флатера можна зробити висновок, що найбільш перспективним підходом у дослідженні аеропружної поведінки лопаткового вінця турбомашини є підхід, заснований на тривимірній моделі нестационарної аеродинаміки та модальному аналізі руху лопатки [1–5].

**Мета роботи.** Підвищення надійності і продовження ресурсу турбомашин шляхом прогнозування нестационарних аеропружних характеристик, зменшення нестационарних навантажень і амплітуди коливань лопаткових апаратів на основі розробки нових ефективних методів вирішення зв'язаних задач аеродинаміки і пружних коливань лопаткових апаратів в тривимірному потоці газу.

**Чисельний аналіз.** У даній роботі розглянуті результати застосування чисельної методики (зв'язана задача аеродинаміки і пружних коливань лопаток) для оцінки стійкості лопаток до флатеру на прикладі розрахунку

широкохордної лопатки вентилятора авіаційного двигуна. Об'єктом дослідження служить вентилятор двигуна, при випробуваннях якого на випробувальному стенді виявлена зона автоколивної нестійкості [1–2]. Розрахункові дослідження проведені для режиму експлуатації вентилятора авіаційного двигуна з частотою обертання  $n = 3520$  об/хв. В якості критерію стійкості лопаток до флатеру використовується аналіз аеропружних характеристик лопаткового вінця вентилятора авіаційного двигуна в просторовому потоці газу при заданих гармонійних і зв'язаних коливаннях лопаток з урахуванням власних форм при різних кутах зсуву по фазі коливань лопаток.

При гармонійних коливаннях лопаток по заданому закону з урахуванням взаємодії п'яти власних форм коливань має місце «позитивне аеродемпфування» ( $W < 0$ ,  $D > 0$ ), тобто відведення енергії від коливної лопатки в основний потік.

Чисельний аналіз зв'язаних коливань підтвердив аеродемпфування по всім власним формам для різних кутів зсуву по фазі коливань лопаток.

**Висновки.** 1. Проведено чисельний аналіз аеропружних характеристик лопаткового вінця вентилятора з використанням математичної моделі зв'язаної задачі нестационарної аеродинаміки та динаміки пружних коливань.

2. При зв'язаних коливаннях відбувається аеродемпфування коливань лопаток по всім п'яти власним формам.

#### Список літератури:

1. Донченко В. В., Гнесін В. І., Колодяжна Л. В., Кравченко І. Ф., Петров О. В. Прогнозування флатера лопаткового вінця вентилятора авіаційного двигуна. *Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2020. № 2(4). С. 11–17. Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line). doi: 10.20998/2078-774X.2020.02.02.
2. Гнесін В. И. Колодяжная Л. В., Кравченко И. Ф., Меркулов В. М., Шереметьев А. В., Петров А. В. Численный анализ аэроупругого поведения лопаточного венца вентилятора авиационного двигателя. *Проблемы машиностроения*. 2017. Т. 20, № 3. С. 3–11.
3. Rządkowski R., Soliński M., Szczepanik R. The unsteady low-frequency aerodynamic forces acting on the rotor blade in the first stage of an jet engine axial compressor. *Adv. Vib. Eng.* 2012. no. 11(2). P. 193–204.
4. Гнесин В. И., Колодяжная Л. В., Колесник А. А. Численный анализ аэроупругого поведения лопаточного венца вентилятора компрессора. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. 2014. № 1(1044). С. 77–87.
5. Годунов С. К., Забродин А. В., Иванов М. Я. *Численное решение многомерных задач газовой динамики*. Москва: Наука, 1976. 400 с.