



- решетках осевых компрессорных ступеней [Текст] / Л. Г. Бойко, В. Н. Ершов, Д. В. Калямин, А. Е. Демин // Изв. вузов. Машиностроение. – 1991. – № 3. – С. 38 – 42.
3. Белоцерковский, О. М. Метод крупных частиц в газовой динамике [Текст] / О. М. Белоцерковский, Ю. М. Давыдов. – М. Наука, 1982. – 392 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦІ ОБЛАСТІ СТІЙКОЇ РОБОТИ БАГАТОСТУПЕНЕВОГО ОСЬОВОГО КОМПРЕСОРА ЗА ДОПОМОГОЮ НАПІВЕМПІРИЧНОГО КРИТЕРІЯ

С. А. Бойко, Н. В. Піжанкова, К. В. Рябчук

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

Серед існуючих методів визначення межі сталої роботи турбомашин виділяють два основні підходи: чисельне моделювання та експериментально-статистичний аналіз.

Перший підхід базується на використанні 3D-моделей в'язких течій із розв'язанням рівнянь Нав'є–Стокса методом скінченних різниць. Хоча такий метод широко застосовується у спеціалізованих програмних комплексах, він має суттєві недоліки. Зокрема, складність адекватного вибору турбулентної моделі та вплив «схемної» в'язкості, яка виникає внаслідок чисельної реалізації рівнянь, можуть призводити до значних похибок у визначенні межі стійкості.

Другий підхід ґрунтується на результатах численних експериментів із подальшою статистичною обробкою даних. Він дозволяє визначити граничну ступінь дифузорності течії та аеродинамічне навантаження, при якому ще зберігається стійка робота елементів компресора.

Таким чином, експериментально-статистичний підхід часто є надійнішим для практичного визначення межі сталої роботи осьових компресорів.

У даний час існує достатня кількість напівемпіричних критеріїв для визначення межі стійкості. Широке практичне застосування знайшов критерій під назвою степінь еквівалентної дифузорності, запропонований С. Лібляйном [1].

Залежності для цього критерія були отримані на підставі узагальнення експериментальних досліджень решітки профілів, що обтікалися під різними кутами натікання в діапазоні режимів від мінімальних втрат до значних позитивних кутів. Він визначається як

$$D_{eq} = \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1} \left[1,12 + a(\Delta i)^{1,43} + 0,61 \frac{\sin^2 \beta_1}{b/t} (\operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{ctg} \beta_2) \right] \quad (1)$$

де: $\Delta i = i - i_{\min}$,

$i_{\min} = 4,5 - 30/b \cdot t \cdot (1,81 - 4\bar{\chi}_f^2)$, який відповідає режиму мінімальних втрат решітки профілів

$a = 0,0117$ для профілів НАСА-65

$a = 0,007$ для профілів типу С4 з середньою лінією у вигляді частини кола

$\bar{\chi}_f = \chi_f/b$, відносна координата максимального прогину середньої лінії.



Емпіричні дані, на яких заснована залежність Лібляйна, свідчать, що різке зростання товщини імпульсних втрат у примежевому шарі, а відповідно і його відрив, починається при значеннях $D_{eq} = 1,6$.

Об'єктом дослідження є 12-ти ступеневий осьовий дозвуковий компресор.

На рисунку 1 представлена характеристика досліджуваного компресора, границя стійкої роботи (ГСР) отримана експериментальним методом, розрахункова точка дослідження і лінія робочого режиму (ЛРР), яка зіставлена з результатами розрахунку за допомогою аналізу двомірної вісесиметричної течії [2].

На основі результатів розрахунку газодинамічних параметрів компресора у розрахунковій точці дослідження ($\pi_k^* = 10,861$, $G_B = 8,736$ кг/с), а також геометричних параметрів, визначених на середньому радіусі, отримано значення еквівалентного ступеня дифузорності за Лібляйном.

На рисунку 2 представлено графік зміни ступеня еквівалентної дифузорності за номерами ступенів — окремо для робочих коліс та направляючих апаратів.

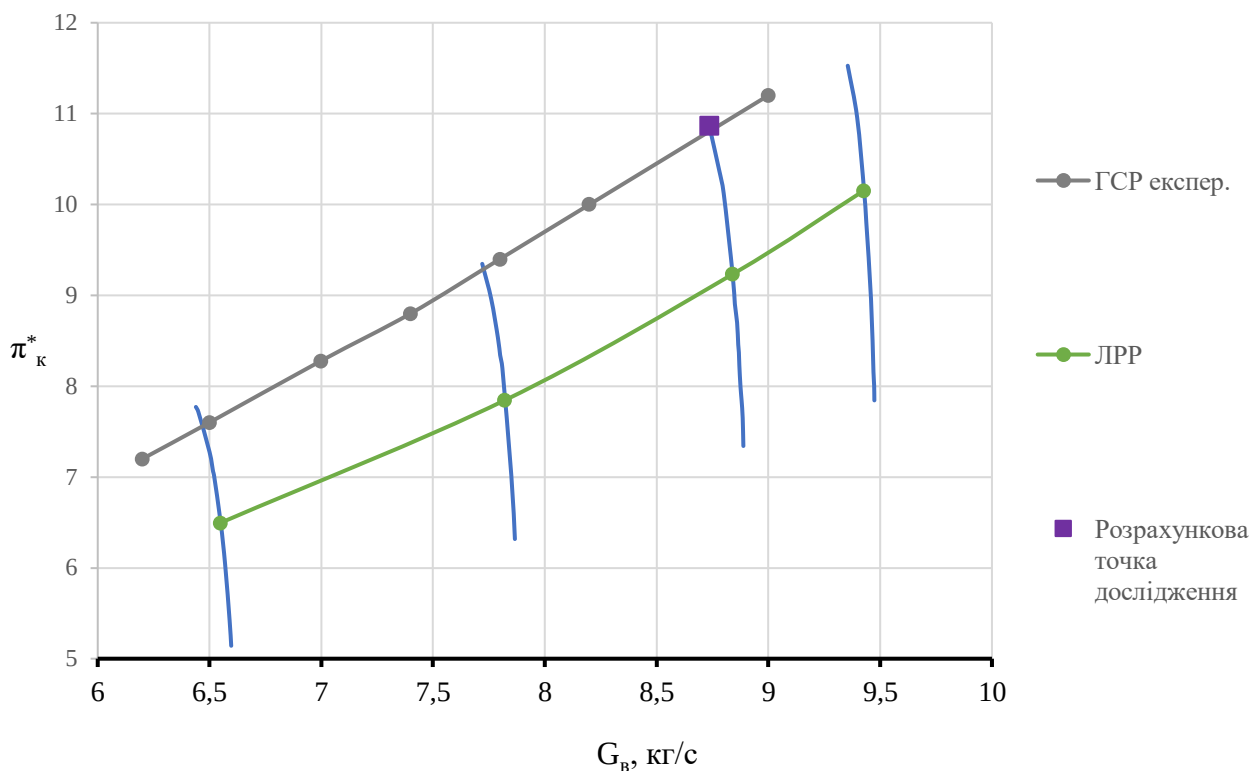


Рис. 1 – Характеристика досліджуваного компресора

Степінь еквівалентної дифузорності у даному випадку використано для прогнозування появи нестійких режимів роботи компресора. Перевищення його граничного значення дає підстави припускати наявність порушення стійкості потоку. Згідно з рисунками 2 і 3, спостерігається перевищення критерію на другому ступені, що дозволяє визначити його як той, який знаходиться в умовах нестійкої роботи, і може бути причиною втрати стійкості компресора в цілому. Отримане експериментальним шляхом положення границі стійкої роботи добре збігається з розрахунковими даними, що підтверджує доцільність застосування цього критерію для аналізу режимів роботи компресора.

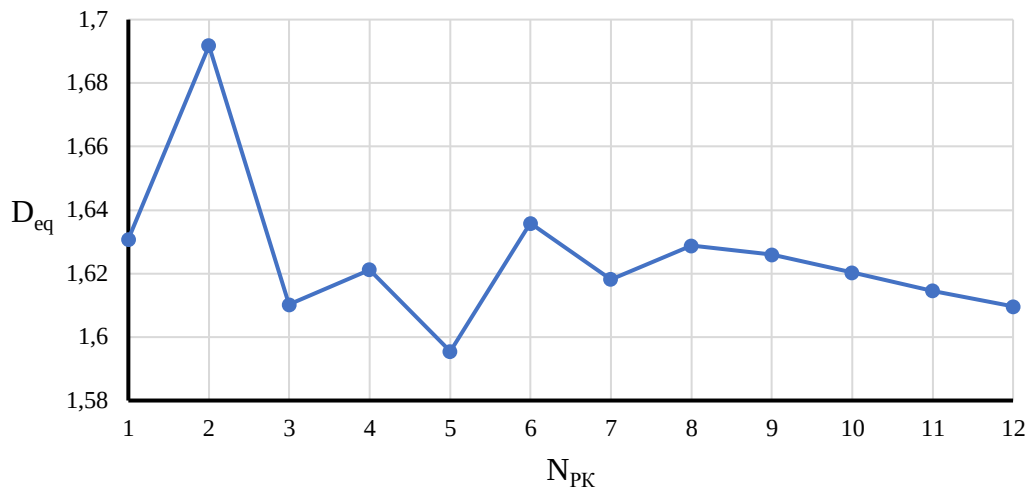


Рис. 2 - Зміна значень степеня еквівалентної дифузорності
від номеру робочого колеса компресора

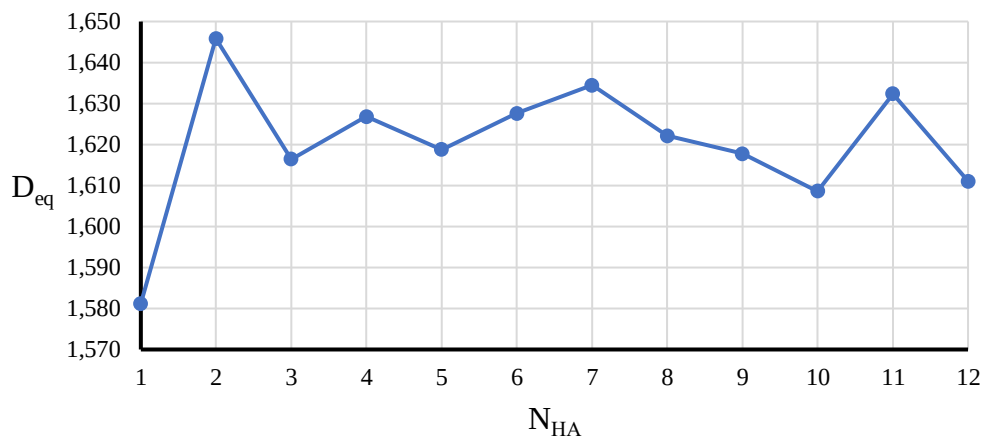


Рис. 3 - Зміна значень степеня еквівалентної дифузорності
від номеру направляючого апарату компресора

Перелік посилань

1. Lieblein S. SP 36-Aerodynamic Design Axial Flow Compressor [Text] / S. Lieblein // NASA. – 1965. - p. 183-244.
2. Комплекс Програм «PROK» Свідоцтво про реєстрацію права на твір №107195 від 11.08.21.

ФОРСУВАННЯ ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГУНА ГЕЛІКОПТЕРА УПОРСКУВАННЯМ ВОДИ У КАМЕРУ ЗГОРЯННЯ

Є. Р. Галетинко, О. Д. Дегтярьов, К. В. Фесенко, М. В. Кононенко

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

Залежність корисного навантаження від потужності двигуна гелікоптера є ключовим параметром, що визначає ефективність роботи гелікоптера. Ця залежність базується на ряді аеродинамічних, конструктивних і експлуатаційних