**Биков Юрій Адольфович. Чисельне моделювання тривимірної в'язкої течії газу через коливні лопаткові вінці турбомашин : дис... канд. техн. наук: 05.05.16 / НАН України; Інститут проблем машинобудування ім. А.М.Підгорного. - Х., 2006.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Биков Ю.А. Чисельне моделювання тривимірної в’язкої течії газу через коливні лопаткові вінці турбомашин. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки. – Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України. – Харків, 2006.  У роботі представлено чисельний аналіз аеропружної поведінки вінця турбомашини, заснований на моделюванні течії в’язкого газу й енергетичному методі визначення зон нестабільності коливань лопаток, що передбачає коливання лопаток по одній із власних форм і відповідній власній частоті з постійним міжлопатковим фазовим кутом і подальшим визначенням роботи аеродинамічних сил.  Інтегрування рівнянь Нав’є-Стокса, осереднених по Рейнольдсу, здійснюється за допомогою розробленої явної чисельної схеми, заснованої на модифікованій схемі Годунова з використанням рухомих розрахункових сіток довільної конфігурації. Приведені результати тестування розробленого чисельного методу досить добре відповідають експериментальним і теоретичним результатам.  У роботі приведені результати дослідження аеропружної поведінки робочого колеса останньої ступені потужної парової турбіни з відносно довгими лопатками (). Дослідження проводилися для трьох різних режимів роботи турбіни (одного розрахункового і два нерозрахункових), окремо для ідеального і в’язкого газу. У результаті моделювання були визначені аеропружні характеристики лопаткового апарата. Аеропружні характеристики визначалися для кожної власної форми коливань лопатки і для заданого міжлопаткового фазового кута. | |
| |  | | --- | | У роботі отримані нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності забезпечують рішення науково-практичної задачі чисельного моделювання нестаціонарної аеропружної поведінки лопаткового апарата турбомашини, яке дозволяє прогнозувати нестаціонарні аеропружні характеристики лопаткових апаратів при роботі на розрахункових та нерозрахункових режимах.  1. На підставі огляду сучасного стану задачі прогнозування нестаціонарних аеропружних явищ у турбомашинах виявлено:  – основні досягнення сучасних досліджень аеропружності в турбомашинах отримані при використанні для моделювання течії газу рівнянь Ейлера чи рівнянь Нав’є-Стокса з тими чи іншими спрощеннями;  – явища в турбомашинах, пов’язані з властивостями реального газу (в’язкістю, теплопровідністю) у повному обсязі не можуть бути описані і вивчені в рамках досліджень, що використовують рішення рівнянь Ейлера чи спрощених рівнянь Нав’є-Стокса;  – найбільш перспективним підходом у дослідженні аеропружної поведінки лопаткового вінця турбомашини на нерозрахункових режимах є рішення нестаціонарних тривимірних рівнянь Нав’є-Стокса, осереднених по Рейнольдсу.  2. Побудовано математичну модель, розроблено метод чисельного рішення тривимірної задачі турбулентної течії в’язкого теплопровідного газу через вінець коливних лопаток з використанням розрахункових сіток, що рухаються. Чисельний метод рішення тривимірних рівнянь Нав’є-Стокса заснований на різницевій схемі Годунова для просторових різницевих сіток.  3. Розроблено програмний комплекс, що включає препроцесор, основні програми і постпроцесор дослідження тривимірної течії газу через лопаткові вінці осьових турбомашин із графічною візуалізацією отриманих результатів.  4. Проведено апробування розробленого методу на значної кількості тестових задач. Виконано зіставлення отриманих результатів з результатами інших авторів. Отримані результати дозволяють стверджувати, що розроблений чисельний метод має досить високу достовірність, достатню для практичного використання.  5. Проведено порівняльний чисельний аналіз течії газу в ізольованому вібруючому лопатковому вінці осьової турбомашини з урахуванням і без урахування в’язкості на розрахунковому і нерозрахунковому режимах, у результаті якого зроблено висновок, що вплив в’язкості газу на деяких режимах може істотно змінити характер аеродемпфування коливань лопаток.  6. Проведено аналіз отриманих коефіцієнтів аеродемпфування для лопаткового вінця осьової турбомашини, що працює на нерозрахунковому режимі (при частковому навантаженні), у результаті якого зроблено висновок, що на часткових режимах при виникненні відривних течій можлива поява самозбудних коливань лопаток.  7. Проведено детальний аналіз роботи аеродинамічних сил при відривному обтіканні коливного лопаткового вінця, у результаті якого зроблено висновок, що зміна коефіцієнта аеродемпфування (у порівнянні з обтіканням ідеальним газом) може бути пов’язана з особливостями переміщення відривного вихру, зокрема, точок приєднання вихру, при переміщенні лопатки, а також із положенням відривного вихру відносно лопатки.  8. В результаті рішення задачі чисельного моделювання тривимірного турбулентної течії в’язкого теплопровідного газу через ізольований вінець коливних лопаток були визначені режими роботи турбіни і форми коливань лопаток, при яких можливо виникнення нестійких коливань лопаткового вінця.  9. Розроблені чисельна модель та метод чисельного моделювання тривимірної турбулентної течії в’язкого теплопровідного газу через вінець коливних лопаток можуть застосовуватися для дослідження нестаціонарної аеропружної поведінки лопаткового апарата турбомашини при роботі як на розрахункових, так і на нерозрахункових режимах, на стадії проектування та модернізації лопаткових вінців осьових турбомашин. | |