



УДК: [621.452.3.03+621.452.3.03:539.4]

ВИБІР ЗАКРІПЛЕНЬ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ НАВАНТАЖЕНЬ В З'ЄДНАННІ «ДИСК – ЛОПАТКА ТУРБІНИ»

Д. С. Онацький, О. В. Білогуб

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

В турбінобудуванні широко застосовуються замки лопаток типу «ялинка» [1, 2], де вони попарно розташовані в пазах дисків. Аналіз навантаженого стану таких замків, в принципі, не викликає труднощів, але адекватний результат може бути отриманий при умовах правильної фіксації при моделюванні. Звісно, що максимально достовірний результат може бути отриманий при застосуванні повної моделі диску з усіма лопатками, але це буде займати забагато ресурсів. Нормальний результат може бути отриманий і з моделювання сектора з декількома лопатками [3]. Очевидно, що мінімальна кількість лопаток з таким замком і сектором диску – дві (рис.1).

Фіксація диску не викликає особливих проблем – циклічна симетрія по боковим граням, заборона повороту цих граней та пересування вздовж осі обертання (рис.2).

Щодо закріплення лопаток, то виникають проблеми, пов'язані з їх розташуванням парами і взаємодії їх в замковій частині. Попередньо виявлено суттєвий вплив закріплень на розподілення напружень в замкових частинах.

Дослідженню підлягає вплив системи закріплень лопаток на напружено-деформований стан замкової частини. Умови навантаження – відцентрові сили, частота обертання – 17300 об/хв.

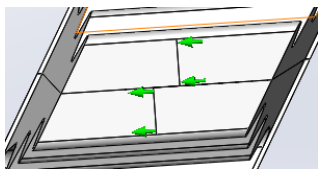
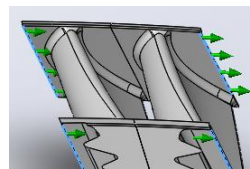
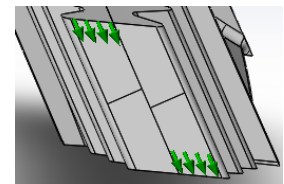


Рис. 2 – Варіант 1 – закріплення лопатки (тільки від осьового переміщення)

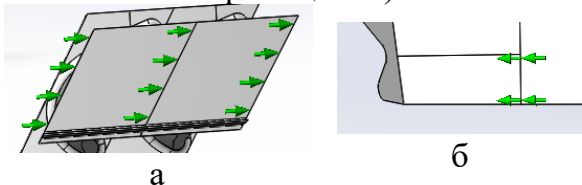


а

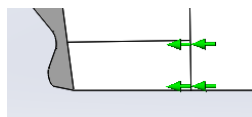


б

Рис. 3 – Варіант 2 – закріплення лопатки:
а – від кутового переміщення,
б – вздовж паза

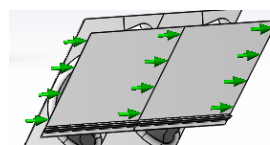


а

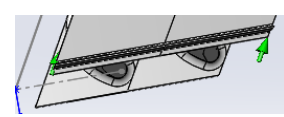


б

Рис. 4 – Варіант 3 – закріплення лопатки: а – від кутового переміщення, б – вздовж паза



а



б

Рис. 5 – Варіант 4 – закріплення лопатки:
а – від кутового переміщення,
б – вздовж паза

На рис. 2...5 показані варіанти закріплення лопаток, по яким проведено моделювання.



На рис. 6 показані епюри напружень (за Мізесом) по варіантам закріплень. Кольорова шкала – від 0 (синій) до 300 (червоний) МПа.

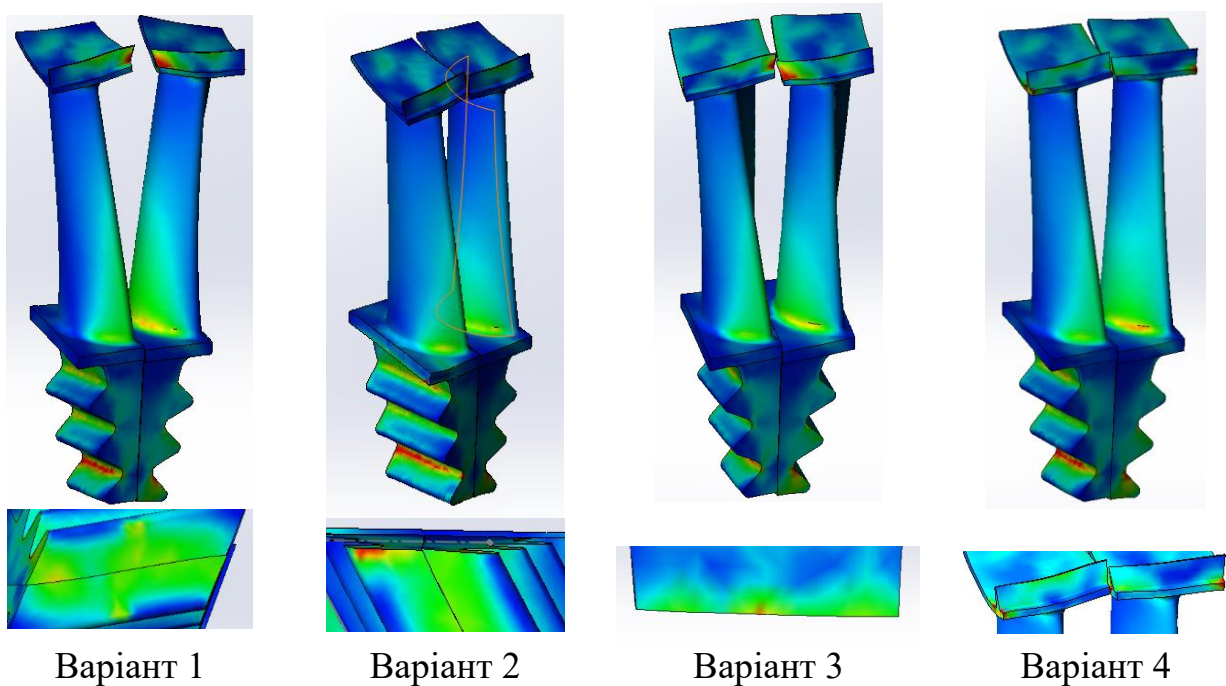


Рис. 6 – Епюри напружень при різних закріпленнях. Масштаб деформацій – 50:1.

Результати розрахунків наведено в таблицях 1 та 2. В чисельнику – середнє значення по полкам і галтелям, в знаменнику – максимальнє значення.

Таблиця 1 – Напруження за Мізесом (МПа) по полкам замків лівої і правої лопаток

Варіант	Замок лівої лопатки			Замок правої лопатки		
	Верхня полка	Середня полка	Нижня полка	Верхня полка	Середня полка	Нижня полка
1	66/160	82/204	133/348	52/165	69/188	130/372
2	64/151	75/195	131/246	56/154	71/151	131/373
3	63/151	78/186	127/345	56/158	74/222	129/367
4	63/149	78/182	127/343	57/171	73/238	128/385

Таблиця 2 – Напруження за Мізесом (МПа) по галтелям замків лівої і правої лопаток

Варіант	Галтели замків лівої лопатки			Галтели замків правої лопатки			Макс. по закріпленню
	Верхня полка	Середня полка	Нижня полка	Верхня полка	Середня полка	Нижня полка	
1	173/253	138/250	189/353	141/247	112/232	186/405	200
2	184/270	124/254	184/355	157/251	117/225	190/387	411
3	173/249	129/244	182/347	155/247	112/235	158/371	217
4	174/251	127/239	179/354	156/268	111/253	190/399	687



Аналіз таблиць показує, що по полкам замка середнє напруження і максимальні його значення від варіанта до варіанта суттєво не відрізняються. Щодо галтелей, то, по-перше, напруження більші і, по-друге, є суттєва різниця і в максимальних значеннях і досить велика – в середніх. Крім того, в закріпленнях по варіантам 2 і 4 маємо великі напруження саме в них. Для моделювання замкових частин слушно рекомендувати закріплення по варіантам 1 і 3, хоча деформація лопатки в варіанті 1 не відповідає дійсності.

В продовження цього дослідження планується оптимізація геометрії замкової частини з метою отримання більш рівномірного навантаження зубів замка.

Перелік використаної літератури:

1. Марценюк, Е. В. Расчет замков рабочих лопаток компрессоров и турбин [Текст] : учеб. Пособие / Е. В. Марценюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т» . – 2015. – 52 с.
2. Soares, C. Gas Turbines: A Handbook of Air, Land and Sea Applications [Text] / C. Soares // Elsevier Science. – 2014. – 1020 p.
3. Білогуб, О. В. Моделювання навантажень в замку ялинкового типу лопатки турбіни [Текст] / О. В. Білогуб, Є. В. Марценюк, Д. С. Онацький // Матеріали V Міжнародної науково-практичної морської конференції кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету «Marine Power Plants and Operation» (MPP&O-2024), м. Одеса, 5 березня 2024 р. – С. 85-89. <https://drive.google.com/file/d/1rwCgwGf066gF1YU07pj21s5GiwkrTUx5/view>