

ВЫБОР МОДЕЛИ МАТЕРИАЛА ПРИ РАСЧЁТНОЙ ОЦЕНКЕ НЕПРОБИВАЕМОСТИ КОРПУСА ГТД КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Бекназарова Э.Х.¹, Аксёнов Е.В.², Праслов Д.Ю.³
 ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, lapa.d-grad@mail.ru

Ключевые слова: конечно-элементная модель, непробиваемость корпусов, модель материала.

В мировом авиадвигателестроении к одной из значимых задач относится создание наиболее достоверных и точных способов оценки непробиваемости корпусов ГТД, при разработке которых используются результаты экспериментальных исследований и технологии трёхмерного компьютерного моделирования. Последние позволяют наиболее надёжно исследовать процессы, происходящие после разрушения лопатки, включая анализ траектории её движения, ударного взаимодействия как со следующей за ней лопаткой ротора, так и с элементами корпусов двигателя [1, 2]. Моделирование более сложного процесса с большими деформациями требует использования расширенных моделей материала, к которым можно отнести вязкоупругопластичную модель Джонсона-Кука и кусочно-линейно пластичную модель и другие, которые учитывают скорость деформирования [3]. Целью данной работы является сравнительная характеристика двух моделей материала по результатам расчётного анализа обрыва лопатки первой ступени компрессора среднего давления ГТД.

Технология моделирования пробивания корпуса реализована в программной среде ANSYS / LS-DYNA. Элементы, входящие в предмет исследования, включают в себя три последовательно идущие лопатки первой ступени КСД, рабочее кольцо, кольцо наружное и корпус КСД. Корпуса выполнены из материала ВТ20, лопатки – ВТ-8 [4]. Применяемые модели материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Модели материалов

Элементы модели	Модель материала	
	1 случай	2 случай
Рабочие лопатки	Билинейная кривая (модель 003)	Билинейная кривая (модель 003)
Рабочее кольцо	Джонсон-Кук	Кусочно-линейная пластичная модель
Кольцо наружное		
Корпус компрессора СД		

В качестве параметров модели материала Джонсона-Кука использованы данные титанового сплава Ti-6Al-4V прототипа ВТ6 [5]. Для кусочно-линейно пластичной модели применены свойства материала ВТ6 [6]. В явной постановке проведена расчётная оценка последствий обрыва фрагмента лопатки первой ступени КСД на повреждения корпуса при наиболее неблагоприятных условиях разрушения – по втулочному сечению при максимальной частоте вращения. Картина распределения эквивалентных пластических деформаций на корпусах представлена на рис. 1, со внутренней стороны которых имеется забоина в следствие соударения с элементами кольца рабочего.

Проведено сравнение результатов расчёта с использованием двух моделей материала, в обоих случаях локализация оборвавшегося фрагмента в корпусе обеспечивается. Характер деформаций схожий для обоих случаев моделирования. В кусочно-линейно пластичной модели разрушение материала наступает при меньших деформациях, поэтому можно считать, что данная модель дает решение «в запас» по сравнению с моделью Джонсона-Кука.

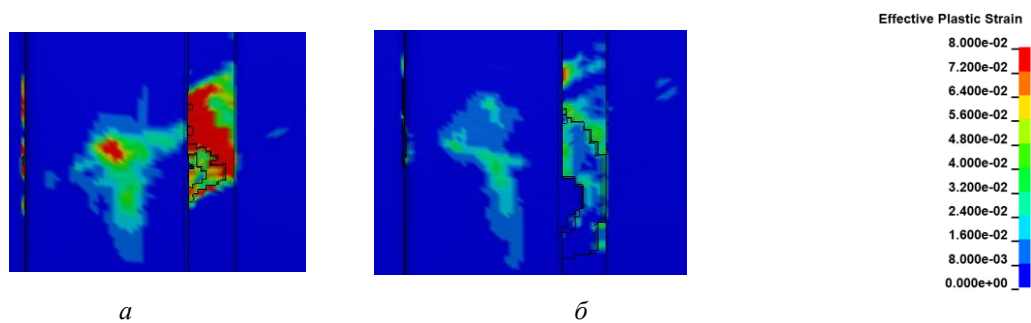


Рисунок 1 – Распределение эквивалентных пластических деформаций на корпусах:
 а – модель материала Джонсона-Кука; б – кусочно-линейно пластичная модель материала

Список литературы

1. Авиационные правила. Часть 33 / Нормы лётной годности двигателей воздушных судов: ОАО АВИАИЗДАТ, 2012. – 77 с.
2. Придорожный Р.П., Шереметьев А.В., Зиньковский А.П. Расчётное определение последствий обрыва фрагмента лопатки на повреждения рабочего колеса и корпуса газотурбинного двигателя // Вестник двигателестроения. – 2009. – № 2. – С. 42-45.
3. Бузюркин А.Е., Гладкий И.Л., Краус Е.И. Определение параметров модели Джонсона-Кука для описания процессов деформирования и разрушения титановых сплавов // Прикладная механика и техническая физика. 2015. – Т. 56. № 2. – С. 188-195.
4. Авиационные материалы: справочник в 12 томах. – 7-е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ, 2010. – 96 с.
5. Волкова Т.В., Давыдов Д.П. Моделирование отрыва лопатки и пробивания корпуса: учеб. пособие; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). Самара, 2013. – 42 с.
6. Исследование механических свойств титанового сплава ВТ-6 и алюминиевого сплава АК4-1 в диапазоне скоростей деформирования ($5 \cdot 10^2 - 10^4$) s^{-1} . Отчет. Саровские Лаборатории. Инв.№11-02-01-2004 от 23.07.2004.

Сведения об авторах

Бекназарова Эвелина Хайдаровна – инженер-конструктор отдела прочности. Область научных интересов: явная динамика, динамика и прочность статорных узлов и агрегатов.

Аксёнов Евгений Вячеславович – начальник бригады отдела прочности. Область научных интересов: роторная динамика, динамика и прочность корпусов ГТД.

Праслов Дмитрий Юрьевич – начальник отдела прочности. Область научных интересов: ресурсное проектирование ГТД, динамика и прочность корпусов ГТД.

THE CHOICE OF MATERIAL MODEL FOR THE COMPUTATIONAL ESTIMATION OF CONTAINMENT OF JET ENGINE CASING BY THE FINITE ELEMENT METHOD

Beknazarova E.Kh.¹, Aksenov E.V.², Praslov D.Y.³
 PJSC «UEC-Kuznetsov», Samara, Russia, lapa.d-grad@mail.ru

Keywords: finite element model, cases containment, model of material.

In present paper a comparative characterization of the application of two material models for calculating jet engine case damage due to intermediate pressure compressor first stage blade failure. The kinematics of blade fracture along the hub section is considered and the technology for modelling the case containment in the ANSYS / LS-DYNA software environment is implemented.