

УДК 539.214.9

Оценка несущей способности титанового диска двигательной установки с применением различных условий текучести материала

Курышев Иван Михайлович^(*)

iv.kuryshev@mail.ru

Сапронов Дмитрий Владимирович

sapronov-sm13-bmstu@mail.ru

Худякова Анастасия Дмитриевна

hudyakova@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Выполнен анализ напряженно-деформируемого состояния (НДС) титанового диска при ступенчатом увеличении частоты вращения для комнатной температуры методом конечных элементов. Принималась модель упруго-пластического течения материала с изотропным упрочнением. Исследование развития пластических деформаций проводилось для трех различных условий текучести: Хосфорда, Мизеса и Караффилиса-Бойсе. В качестве критерия разрушения принималось достижение значением эквивалентных по Мизесу деформаций предельного значения деформаций при испытании стандартного цилиндрического образца на растяжение.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, условие текучести, изотропное упрочнение, пластические деформации

Введение. При моделировании развития упруго-пластических деформаций в процессе нагружения до момента разрушения детали всегда встает вопрос о выборе условия текучести материала, поскольку при неверном выборе повышается риск ложного прогноза предельной нагрузки [1]. Обычно применяется либо условие Мизеса, либо Треска. Однако поведение ряда металлических сплавов, интерметаллидов и композиционных материалов не может быть описано данными условиями [2]. С целью развития методов прогнозирования потери несущей способности, были программно реализованы условия текучести Хосфорда и Караффилиса — Бойсе. Выполнено сравнение разрушающих нагрузок, вида напряженного состояния и зон возникновения пластических деформаций в титановом диске.

Материалы и методы; результаты. Методом конечных элементов в трехмерной постановке произведен пошаговый расчет НДС диска из титанового сплава в соединении с лопаткой из того же материала. Имитировались разгонные испытания посредством приложения возрастающей угловой скорости вращения. Учитывалось условие циклической симметрии диска. Принималась модель пластического течения с изотропным упрочнением. Были выбраны условия текучести Хосфорда [3], Мизеса и Караффилиса — Бойсе [4], поскольку они позволяют описать набор условий текучести заключенных между условиями Треска и Ишлинского-Хилла. Предполагается, что при разгоне выделение тепла в процессе деформирования диска не оказывает существенного влияния на НДС. Для получения расчетных кривых деформирова-

ния была проведена обработка результатов испытаний на растяжение гладких образцов из того же материала с выделением упругой зоны деформирования.

Заключение. Программно реализованы условия текучести Хосфорда, Мизеса и Караффилиса — Бойсе. Были приняты во внимание области повышенных локальных напряжений и история их развития. Выполнена оценка несущей способности титанового диска с использованием условий текучести на основе деформационного критерия разрушения.

Список источников

- [1] Серветник А. Н. Моделирование несущей способности диска турбины АГТД. *Справочник. Инженерный журнал*, 2012, № 10, с. 44–49.
- [2] Cavalheiro J.V.S., Malcher L. Assessment of third invariant elasto-plastic models: Mathematical aspects, numerical strategies and comparative results. *Finite Elements in Analysis and Design*, 2017, vol. 123, с. 51–59.
- [3] Hosford W.F. Generalized isotropic yield criterion. *Journal of Applied Mechanics*, 1972, № 2, с. 607–609.
- [4] Karafillis A.P., Boyce M.C. A general anisotropic yield criterion using bounds and transformation weighting tensor. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 1993, vol. 41, № 12, pp. 1859–1886.