

ОЦЕНКА РАЗРУШАЮЩЕЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИСКОВ ТУРБОМАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕФОРМАЦИОННОГО КРИТЕРИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ LS-DYNA

©2018 А.Р. Кирсанов, А.С. Семенова, Д.В. Немцев

«ОКБ им. А. Льюльки» филиал ПАО «ОДК-УМПО», г. Москва

ASSESSMENT DESTROY FREQUENCY ROTATION DISKS TURBOMACHINE WITH USE DEFORMATIVE CRITERION IN LS-DYNA

Kirsanov A., Semenova A., Nemtsev D. (“Lyulka Design Bureau” subsidiary PJSC “UEC-UEIA”,
Moscow, Russian Federation)

This paper presents a comparison of the different version results of calculating the destroy frequency rotation of turbine disk with outcome of experiment.

Диск турбины является основной деталью авиационного двигателя, так как выход из строя этой детали может привести к аварийной или катастрофической ситуации. В соответствии с НТД несущая способность дисков ГТД оценивается расчётными запасами по разрушающей частоте вращения по теории предельного равновесия, при разрушении по меридиональному сечению от действия тангенциальных напряжений, и при разрушении по какому-либо из цилиндрических частично меридиональных сечений от действия тангенциальных напряжений.

При вычислении запасов учитывается ослабление сечений отверстиями. Расчётный запас по разрушающей частоте вращения принимается меньший из полученных значений. Факторами, влияющими на несущую способность дисков, являются: форма меридионального сечения, схема разрушения (по меридиональным, цилиндрическим или смешанным сечениям), наличие концентраторов напряжений, свойства материала. Учёт влияния этих факторов на несущую способность дисков при использовании теории предельного равновесия не представляется возможным.

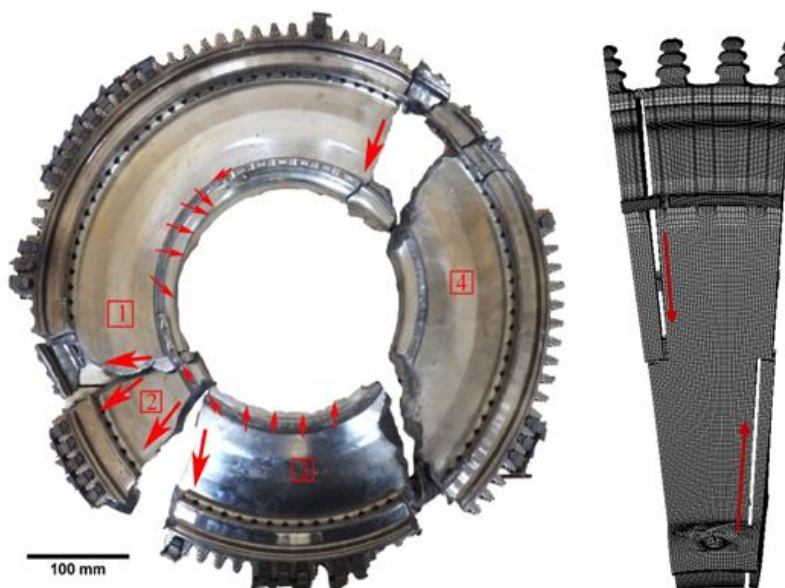


Рис. 1. Общий вид разрушенного диска при испытаниях и при расчете (стрелки показывают направление распространения трещины)

На стенде ЦИАМ РС-2Ц были проведены разгонные испытания диска ТНД двигателя АЛ41Ф-1С. Разрушающая частота

диска ТНД в испытаниях составила $n = 135\%$.

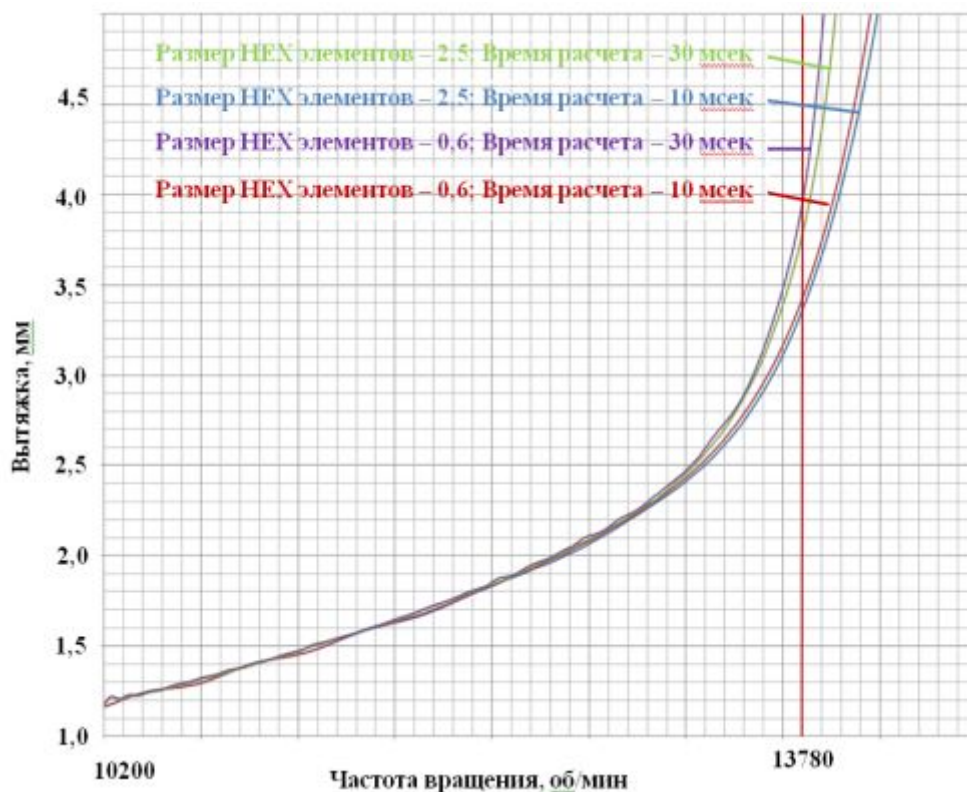


Рис. 2. Изменение вытяжки диска ТНД в процессе расчета, мм

Разрушение большинства металлов является результатом накопления повреждений. Различают два основных механизма повреждений: объемное повреждение (рост и слияние пор) и сдвиговое (рост и слияние трещин). Для численного определения разрушающей частоты вращения дисков турбомашин из никелевых сплавов можно использовать модель накопления повреждений на основе сдвигового повреждения – критерий разрушения по максимальной накопленной пластической деформации.

Для определения предельной частоты вращения диска может быть использована теория пластического течения. Модифицированный вариант классической теории течения с изотропным упрочнением позволяет реализовать произвольную зависимость напряжений от деформации, задаваемую в виде деформационных диаграмм.

Было выполнено несколько серий расчётных разгонных испытаний. Исследова-

лось влияние на расчётную разрушающую частоту следующих факторов:

- скорости приложения нагрузки;
- размера КЭ сетки.

Чтобы проследить влияние размера конечно-элементной (КЭ) сетки и скорости приложения нагрузки было проведено четыре расчёта:

- с размером HEX элементов - 2,4 мм и скоростью приложения нагрузки 10 мсек;
- с размером HEX элементов - 2,4 мм и скоростью приложения нагрузки 30 мсек;
- с размером HEX элементов - 0,6 мм и скоростью приложения нагрузки 10 мсек;
- с размером HEX элементов - 0,6 мм и скоростью приложения нагрузки 30 мсек.

Результаты расчётов показали, что размер КЭ сетки практически не влияет на сходимость расчёта с экспериментом, однако чем мельче сетка, тем точнее можно проследить развитие трещин на диске.