

ЖРД работает на трёх компонентах, доля водорода 3-6%, на второй ступени ЖРД работает на паре кислород-водород. Охлаждение камеры – регенеративное, производится жидким водородом. Определены тяга и удельный импульс двигательной установки на различных режимах работы. Выбран оптимальный газодинамический профиль КС с выдвигаемым неохлаждаемым насадком для второй ступени. Проведён термодинамический расчёт трёхкомпонентного газогенератора и камеры сгорания в различ-

ном диапазоне соотношений компонентов для первого и второго режимов. Произведена энергетическая увязка параметров и проектный расчёт охлаждения с различными гидравлическими схемами охлаждающего тракта: с разделением потоков, с перепуском части охладителя, со ступенчатой подачей охладителя.

Полученные результаты подтверждают перспективность разработки и исследований в области трёхкомпонентных ЖРД.

УДК 621.813.534.933

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ АВИАЦИОННЫХ КОНИЧЕСКИХ ПРЯМОЗУБЫХ КОЛЁС С КОЭФФИЦИЕНТОМ ПЕРЕКРЫТИЯ БОЛЬШЕ ДВУХ

©2018 А.В. Суслин, В.Б.А. Оссиала

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

INVESTIGATION OF STRENGTH OF AVIATION BEVEL GEARS WITH OVERLAPPING COEFFICIENT MORE THAN TWO

Syslin A. V., Ossiala V.B.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

In this paper methods of improving bearing capacity of bevel gear due to the increase of the overlapping coefficient greater than two are being considered ($\varepsilon_\alpha > 2$). The method of design of non-standard tools for these wheels. Comparative tests of straight-tooth bevel gears were carried out with $\varepsilon_\alpha < 2$ и $\varepsilon_\alpha > 2$. Stresses at the tooth base on the outer end of the wheel were measured using strain gauges.

Конические зубчатые передачи нашли широкое применение в приводах авиационных газотурбинных двигателях (ГТД), в редукторах вертолётов и самолётов. Одна из самых нагруженных передач в ГТД – это передача центрального привода ГТД, передающего крутящий момент от ротора к коробке моторных и самолётных агрегатов. Значения окружных скоростей обычно в интервале от 60 до 120 м/с. В большинстве ГТД узел центрального привода располагают вблизи средней опоры двигателя после компрессора перед камерой сгорания. При таких условиях рабочие температуры передачи достигают 250-300°C, при этом масса зубчатых колёс должна быть минимальной, а ресурс передачи не менее 20 тысяч часов. Такие условия свидетельствуют, что это очень тяжёлонагруженная передача.

Повышение несущей способности конической передачи за счёт изменения геометрии идёт в основном за счёт замены прямозубых колёс на колёса с круговой линией зуба [1]. Но прямозубые конические передачи проще в расчёте, технологический процесс их изготовления хорошо отлажен на отечественных предприятиях. Поэтому технологические проблемы заставляют искать пути совершенствования передач. Одним из таких путей является повышение коэффициента торцевого перекрытия больше двух за счёт применения нестандартного исходящего производящего контура (ИПК) с коэффициентом высоты головки $h_a^* > 1$.

Особенностью геометрии конического колеса является то, что модуль зацепления меняется от внутреннего торца к внешнему по ширине венца. И соответственно толщина

зуба по ширине венца изменяется. Поэтому создание инструмента с $h_a^* > 1$ необходимо начинать с внутреннего торца, чтобы не было заострения на головке зуба на внутреннем торце.

Методика создания ИПК основана на методах, предложенных в работе [2,3], при которых угол зацепления $\alpha_w \geq 20^\circ$. Параметры исследуемых колес приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры конических передач

№	Число зубьев		Модуль m_{ze} , мм	Внешнее конусное расстояние R_e , мм	Ширина венца b_w	Коэффициент передачи ε_α	Угол зацепления α
	Z1	Z2					
1	32	33	4,34	99,749	30	2,05	20 °
2	32	33	4,2	99,685	30	1,383	24° 30′

Материал зубчатых колёс – сталь 13ХНВМ2Ф (ВКС-4). Зубья колёс подвергнуты сложной химико-термической обработке с газовой цементацией, обеспечивающей твёрдость поверхности 60...62HRC, шлифованные, обдутые дробью.

Расчёт на контактную и изгибную прочность зубьев проводился с помощью программы ANSYS. Распределение нагрузки по ширине венца принималось пропорционально конусному расстоянию. Величина нагрузки была равна $T_1 = 500 \text{ Н}\cdot\text{м}$ и $T_1^* = 600 \text{ Н}\cdot\text{м}$, что соответствовало крейсерскому и взлётному режимам двигателя.

Испытания проводились на стенде замкнутого типа. Номинальное положение колёс устанавливали по пятну контакта и по зазору, указанным в паспорте на данную пару.

При номинальном положении колёс коэффициент перекрытия ε_α соответствовал

расчётному значению, но при максимальной нагрузке ($T_1 = 680 \text{ Н}\cdot\text{м}$) возрастал на 5% [4].

Данные испытаний показали, что несутся способность передачи с $\varepsilon_\alpha > 2$ по сравнению с передачей $\varepsilon_\alpha < 2$ выросла на 40%.

Библиографический список

1. Кудрявцев В.Н. Детали машин. -л.: Машиностроение, 1980-464с.
2. Авиационные зубчатые передачи и редукторы: Справочник [Текст]/Под ред. Э. Б. Вулгакова. – М.: Машиностроение, 1981. – 374 с., ил.
3. Суслин А.В., Оссала В.Б.А., Сорокин А.Д., Проектирование нестандартного исходного производящего контура/ XIV Королевские чтения, Самара, Самарский университет, 2017.С 334-335.
4. Алексеев В.Ч. Суслин А.В. повышение нагрузочной способности и долговечности высокоскоростных зубчатых передач/ Трение и износ,-1996. -том17№1-С.128...130.

УДК 621.822.9

РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОТЕРЬ НА ТРЕНИЕ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРИ РАБОТЕ В СРЕДЕ ТОПЛИВНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

© 2018 Б.М. Силаев, А.П. Батурич

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

CALCULATION-EXPERIMENTAL ESTIMATION OF FRICTIONAL LOSSES IN ROLLING BEARINGS OF AIRCRAFT ENGINES WHEN OPERATING IN A FUEL LIQUID ENVIRONMENT

Silaev B.M., Baturin A.P. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The results of calculation and operational studies on the estimation of frictional losses in rolling bearings of aircraft engines when operating in a medium of low-viscosity fuel liquids are presented. The friction losses in the bearing