

Висновки:

1. Розглянута актуальність поставленої задачі та доведена необхідність розробки підходу до проектування редукторів з раціональними.

2. Записана цільова функція критерію та обмеження на мінімі проектування. Структура цільової функції дає змогу зменшити суму міжосьових відстаней усіх зачеплень, а при наявності умови їх рівності між собою зберегти їхнє конструктивне розташування.

3. Розроблено методики та алгоритми двох підходів проектування редукторів, що базується на використанні ЛПТ-пошуку, що дають змогу якісно та з мінімальними витратами часу проводити розв'язання задачі.

4. Результати розрахунків на прикладі співвісного редуктора підтверджують коректність приведених підходу: знайдене менше значення міжосьової відстані відносно прототипу при виконанні умов навантажувальної здатності зачеплень.

Список літератури: 1. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М.: Наука, 1981. – 107с. 2. Бондаренко О.В. Оптимізації співвісних ступінчастих приводів машин по масогабаритними характеристиками на прикладі тривальних коробок передач / Олексій Бондаренко, Олександр Устиченко // Вісник Національного Політехнічного Інституту "Харківський Політехнічний Інститут": збірник наукових праць: тематичний випуск "Проблеми механічного приводу". – Харків: НТУ "ХПІ", 2012. – №22. – С.16-27. 3. Бондаренко О.В. Суміщення методів ЛПТ-пошуку та звуження околів при оптимізації тривальних коробок передач / Олексій Бондаренко // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2010. – №1. – С.78-84.

Надійшла (received) 28.02.2014

УДК 621.833

В.В. ГОЛОВАНОВ, начальник отдела авиационных приводов ФГУП

ЦИАМ им. П.И. Баранова, Москва, Россия;

В.Л. ДОРОФЕЕВ, д.т.н., главный научный сотрудник ФГУП ЦИАМ

им. П.И. Баранова;

Д.В. ДОРОФЕЕВ, к.т.н., программист ФГУП ЦИАМ;

В.С. НОВИКОВ, к.т.н., начальник лаборатории зубчатых передач ФГУП НПП газотурбостроения "Салют", Москва, Россия;

Ю.М. ПАВЛЕНКО, ведущий технолог ФГУП НПП газотурбостроения "Салют"

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ ОТ СТЕПЕНИ ЛОКАЛИЗАЦИИ КОНТАКТА

Рассмотрено влияние степени локализации контакта зубьев, выраженное глубиной "отводов" от номинальной сферической эвольвенты, на контактные напряжения в конической зубчатой передаче с круговыми зубьями. Показано, что контактные напряжения увеличиваются пропорционально величине отвода реальной поверхности от номинальной.

Ключевые слова: конические зубчатые передачи, локализация контакта, контактные напряжения.

Введение. Актуальность задачи. Известно [1], что неправильно назначенная степень локализации контакта зубьев конических колес может быть причиной разрушения не только зубчатых колес, но и всего авиационного двигателя.

Постановка задачи. Современные станки для шлифования конических зубчатых колес с круговыми зубьями позволяют в широких пределах изменять степень локализации контакта зубьев в зацеплении путем изменения, на-

© В.В. Голованов, В.Л. Дорофеев, Д.В. Дорофеев, В.С. Новиков, Ю.М. Павленко, 2014

пример, формы боковой поверхности зубьев. Поэтому требуется технология назначения оптимальной локализации.

Но прежде нужно исследовать зависимость контактных напряжений от степени локализации контакта. Решению именно этой задачи посвящена настоящая работа.

Метод решения задачи. В качестве параметров локализации удобно пользоваться понятием "отвода". Отводом называется заданная функция, определяющая отклонение от поверхности зубьев. Координаты функции отвода отсчитываются в направлении нормали к номинальной поверхности. Номинальной поверхностью профиля зубьев конического зубчатого колеса является эвольвентно-сферическая поверхность. Изменяя глубину отвода, будем получать зависимость контактных напряжений от степени локализации контакта.

Часто применяется симметричный отвод по направлению зубьев и отвод по высоте зубьев. В таком случае требуется всего два параметра, при этом предполагается, что в центре зуба отвод равен нулю.

Для исследования выбрана ортогональная коническая зубчатая передача с параметрами: $z_1=29$, $z_2=45$, $m_n=3,4402$, $b=25$ мм, $\beta=25^\circ$, $d_0=200$ мм, $I=1,95$. Крутящий момент $T=400$ Н·м на ведущем валу. Форма зубьев конических колес, построенная с помощью программы AEROFLANK, показана на рисунке 1.

Параметры наладки зубошлифовального станка определялись с помощью программы KIMOS. Форма линий отвода назначалась в средней части профиля зубьев (рисунок 2).

Параметры глубины и формы линии отвода, в виде погрешности профиля и погрешности направления зубьев см. рисунок 3 и рисунок 4.

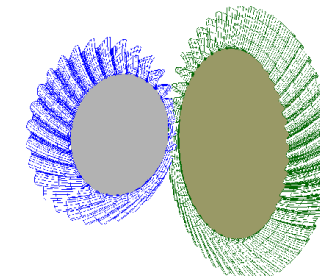


Рисунок 1 – Форма зубьев и венцов конических колес

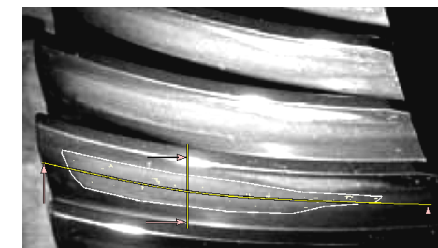


Рисунок 2 – Расположение линий с назначенными "отводами"

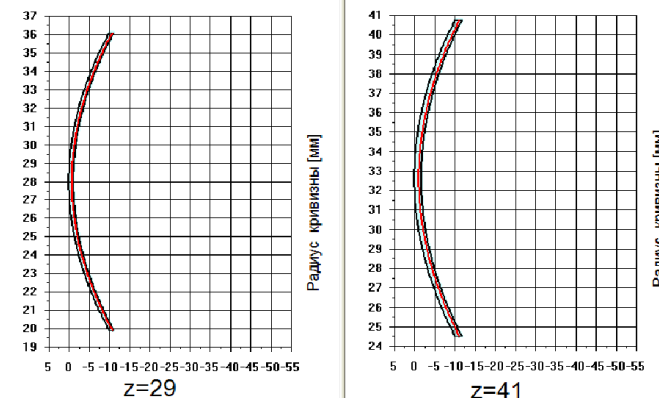


Рисунок 3 – Эвольвентограммы, как исходные данные, обеспечивающие суммарный отвод профилей в крайних точках линии зацепления – 20 мкм

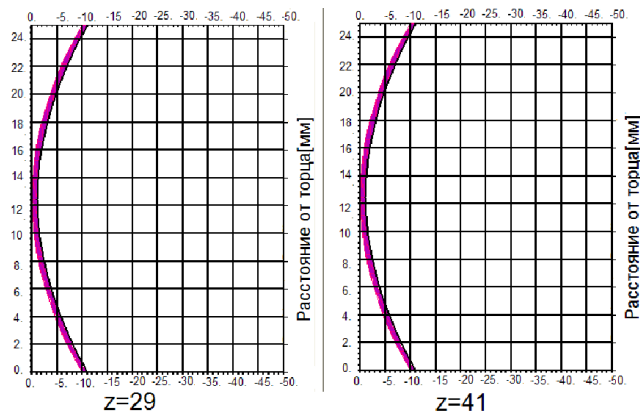


Рисунок 4 – Диаграммы направления линии зубьев, обеспечивающие суммарный отвод профилей в крайних точках продольной линии контакта зубьев – 20 мкм

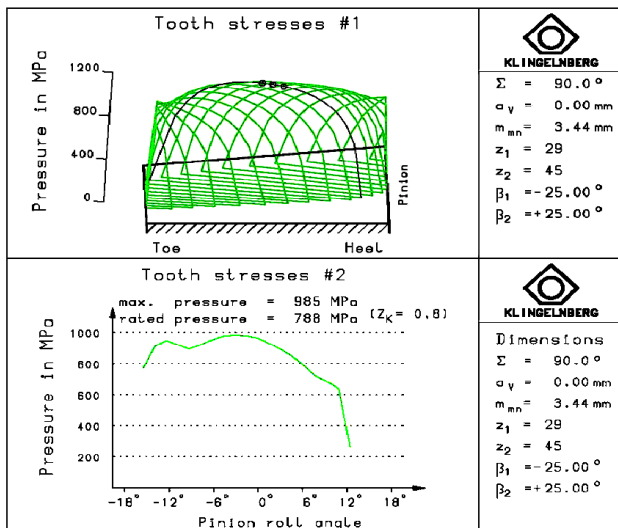


Рисунок 5 – Вид результатов расчета контактных напряжений по программе Kimos/Becal

Выводы:

1. Контактные напряжения практически линейно зависят от глубины отвода, увеличиваясь на 50% при отводах, которые часто применяются на практике. Несущая способность при этом уменьшается в два раза.

2. Результаты расчета контактных напряжений с помощью программ KIMIS/BECAL и AEROFLANK для околополюсной зоны зацепления отличаются незначительно.

3. Программа AEROFLANK позволяет определить напряжения на краевых участках площадки контакта, а также с учетом динамики, т.е. отразить влияние частоты вращения колес.

Замечания к расчетам.

1. Все расчеты выполнены для абсолютно жестких валов и опор.

2. Результаты расчетов, см. рисунок 6 выполнены при $n=17500$ об/мин. Однако при отводе 11 мкм и $n=17500$ об/мин имели место интенсивные вибрации с отрывом зубьев, что делало невозможным выполнить сопоставление результатов на этой скорости. По этой причине расчет выполнялся при $n=500$ об/мин. На практике такое явление имеет место [1].

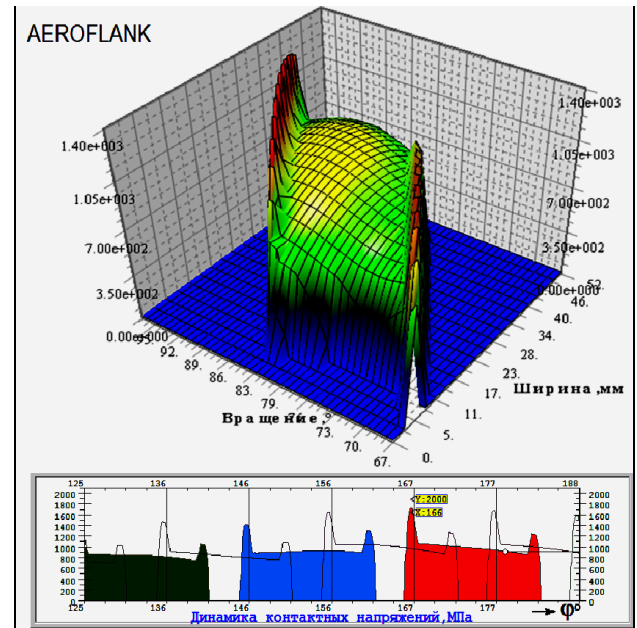


Рисунок 6 – Вид результатов расчета контактных напряжений по программе AEROFLANK

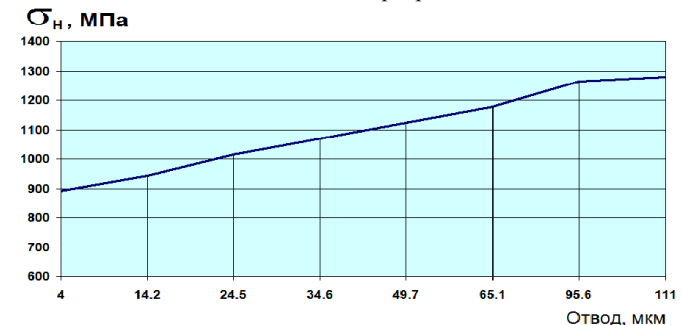


Рисунок 7 – График зависимости контактных напряжений от глубины отвода

3. При пользовании программой KIMIS/BECAL следует учитывать, что эта программа позволяет выполнять расчет только в статике, без учета динамических процессов, поэтому процессы с отрывами зубьев могут быть незамеченными.

Список литературы: 1. Елисеев Ю.С., Крымов В.В., Нежурич И.П., Новиков В.С. и др. Производство зубчатых колес газотурбинных двигателей: Произв.-практ. издание; Под ред. Ю.С. Елисеева. – М.: Высш. шк., 2001. – 493с.; ил.

Поступила (received) 10.03.2014