

УДК 621.01:621.833:24

В.А. ПОКЛАД, В.А. ЯКОВЛЕВ, В.Л. ДОРОФЕЕВ

ФГУП «ММП «САЛЮТ», Москва, Россия

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРИВОДА ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ВИБРАЦИЙ

Рассмотрены вопросы проектирования зубчатых передач с помощью программы ASGEARS, позволяющей моделировать работу зубчатых передач с учетом условий изменения условий эксплуатации. Показано, что при изменении межосевого расстояния, вызванного вибрациями, может происходить нарушение условий существования зубчатой передачи: коэффициент перекрытия может стать меньше единицы. Предложено изменить геометрические параметры так, чтобы при любых условиях необходимые условия зацепления сохранялись. Качество работы центрального привода двигателей, работающих в условиях вибраций можно существенно повысить путем выбора параметров зацепления и назначением модификации профилей зубьев методом компьютерного моделирования с помощью программы ASGEARS.

колеса зубчатые, коэффициент перекрытия, ФГУП «ММП «САЛЮТ», модификация, прочность, ASGEARS, CAD

Введение

Обеспечение работоспособности центрального привода авиационных двигателей в условиях повышенных вибраций важная задача не только для военной авиации, когда причиной вибраций могут быть боевые ситуации, но и для гражданской авиации, когда причиной повышенных вибраций могут быть износы деталей, вызванные длительной эксплуатацией.

Существующие методы геометрического и прочностного расчета не учитывают этот важный фактор. Проектирование зубчатых передач с учетом появления повышенных вибраций позволит существенно уменьшить число отказов двигателя от зубчатых передач, число которых по данным, например фирмы Боинг на некоторых типах самолетов превышает 50%.

1. Формулирование проблемы

Рассмотрим некоторое зацепление, показанное на рис. 1, удовлетворяющее основным законам зацепления.

Здесь и далее показаны результаты расчета зацепления, позволяющие показать те возможности про-

граммы ASGEARS, которые не рассмотрены в настоящей работе. Например, расчет передач с малыми числами зубьев, таких, которые применяются в высокопроизводительных насосах.

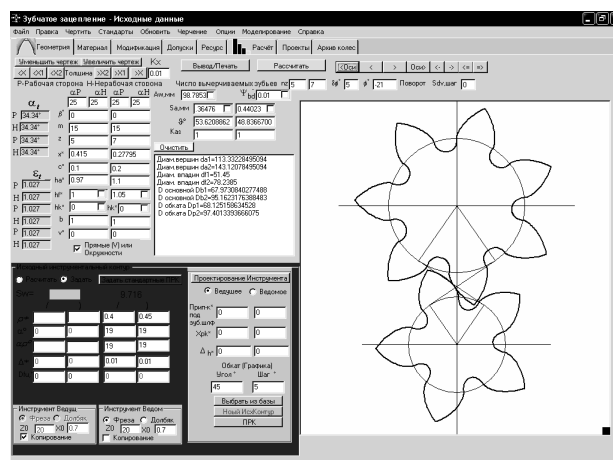


Рис. 1. Исходное зацепление, удовлетворяющее условиям существования зацепления при номинальном положении колес

При повышенных вибрациях оси зубчатых колес сближаются или расходятся.

В фазе сближения осей колес могут появиться интерференция вершины одного из колес с переходной поверхностью либо боковой зазор становится меньше необходимой величины. Как в первом случае, так и во втором зубья заклинивают и передача

движения – невозможна. Вопрос решения проблемы в этой фазе решается моделированием визуальным методом и рассмотрен ниже.

В фазе расхождения осей колес длина активных профилей уменьшается и коэффициент перекрытия (число зубьев в зацеплении) становится меньше единицы. На рис. 2 показан но, как в программе ASGEARS отражается этот фактор. Так управление изменением положением колес выполняется заданием коэффициентов v , а измененный коэффициент перекрытия показывается в таблице коэффициентов перекрытия двумя нижними значениями. Первое относится к рабочему профилю, а второе к нерабочему профилю. Если коэффициент перекрытия меньше единицы, то соответствующее поле подсвечивается красным цветом. В программе ASGEARS все зубчатые передачи рассматриваются как передачи с асимметричными зубьями.

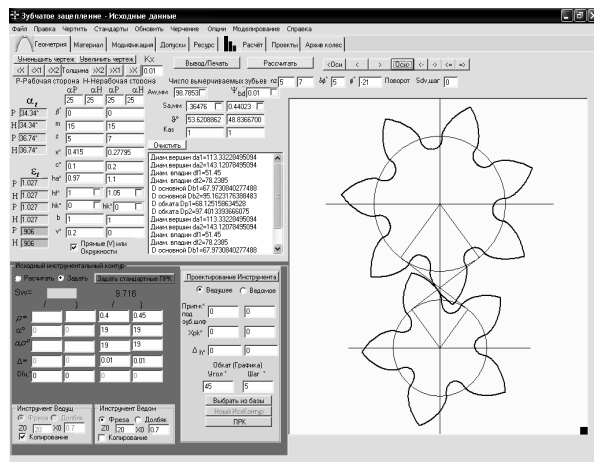


Рис. 2. При расхождении осей (учитывается изменение значения в поле v)

Поскольку при измененном межосевом расстоянии коэффициент перекрытия меньше единицы, то нормальная работа зацепления – невозможна и требуется изменить параметры так, чтобы обеспечить работу передачи. В представленном примере изменены коэффициенты смещения исходного контура и коэффициенты высоты зубьев. Также потребовалось отказаться о технологии обработки методом огиба-

ния и применить метод копирования для обработки всех колес.

С новыми параметрами коэффициент перекрытия больше единицы (рис. 3).

Программа ASGEARS позволяет не только визуально определить имеет ли место интерференция (При параметрах переходной кривой, показанной на рис. 3 – интерференция есть, что видно на рис. 4), но и подобрать параметры переходной кривой, при которой интерференции нет (рис. 5).

В работе [1] показано, что на работу центрального привода газотурбинного двигателя существенное влияние оказывает модификация профилей зубьев.

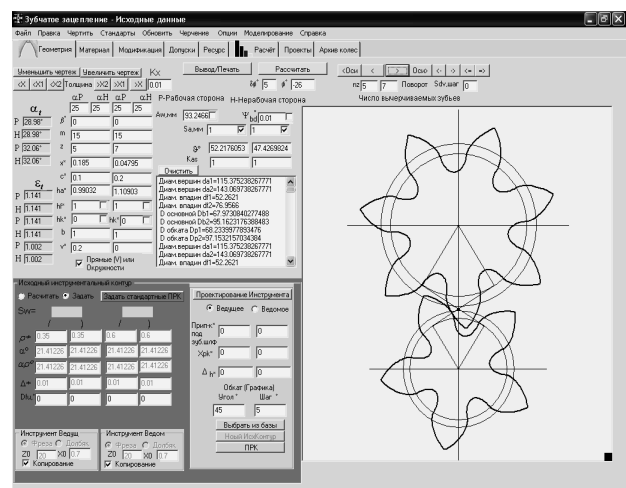


Рис. 3. Передача с коэффициентом перекрытия больше единицы

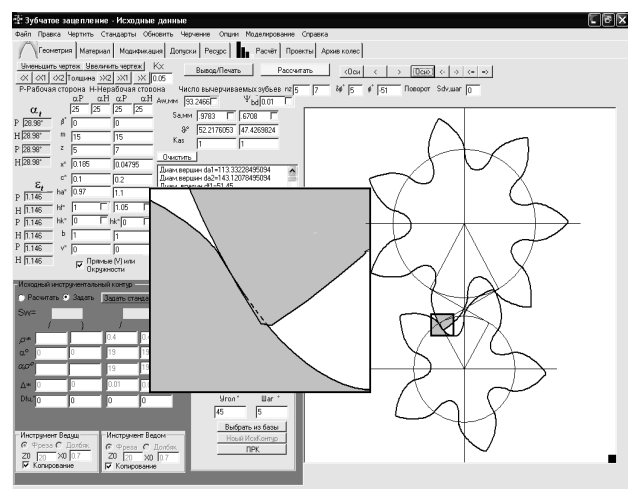


Рис. 4. Интерференция головки зуба с переходной кривой, обработанной копированием

Особенно сложно назначить параметры модификации профилей зубьев для передач, работающих в условиях вибраций.

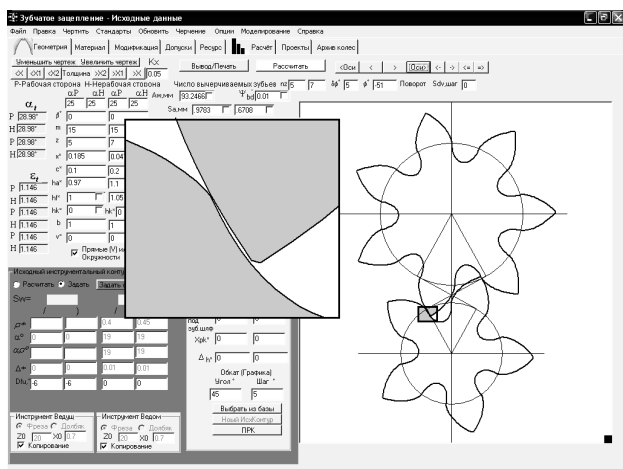


Рис. 5. Устранение интерференции профилей

Все авиационные зубчатые колеса модифицируются. Иногда модификация выполняется путем закругления кромок зубьев слесарным методом. Если модификацию не применять, то незакругленная острая кромка зубьев будет, как резец, вырезать на ножке смежного зуба лунку, что делает работу передачи непредсказуемой.

Часто модифицируется одно из колес, например, так, как показано на рис. 6.

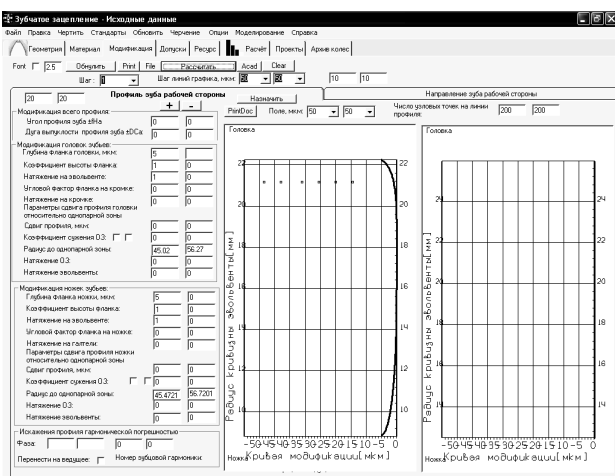


Рис. 6. Простая модификация профиля зубьев (ширина поля графика 50 мкм)

С помощью программы ASGEARS, дополненной модулем моделирования динамики [2], можно вы-

полнить анализ работы передачи с выбранными параметрами модификации.

Моделирование передачи, имеющей параметры, показанные на рис. 7, указывает на то, что при вибрациях в отдельные моменты времени кромка головки зуба будет при контакте с ножкой смежного зуба создавать высокие давления примерно 2000 МПа, что может приводить к разрушению поверхности зубьев.

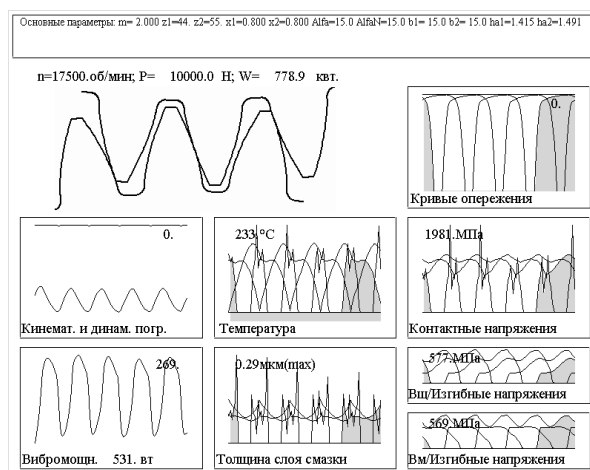


Рис. 7. Результаты моделирования зубчатой передачи с типовыми параметрами модификации профилей зубьев

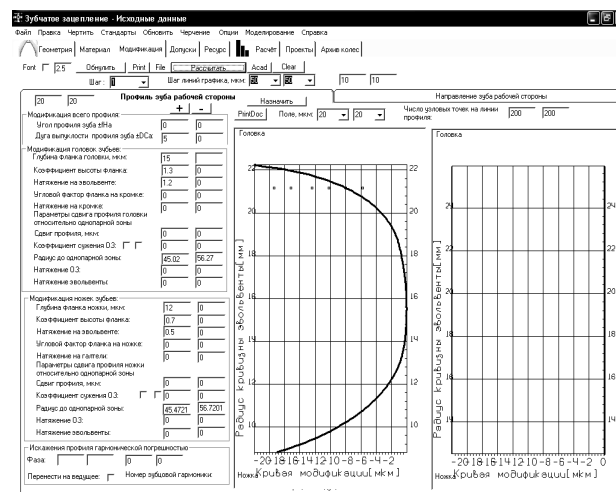


Рис. 8. Результаты моделирования зубчатой передачи с типовыми параметрами модификации профилей зубьев (ширина поля графика 20 мкм)

Моделируя работу передачи можно так назначить параметры модификации (рис. 8), при которых качество работы передачи существенно улучшается

(рис. 9). В работе [3] показано, что профиль зубьев должен иметь не менее двух участков модификации.

При новых параметрах значительно: в два раза уменьшается мощность, генерируемая зацеплением, на образование вибраций. Полностью устраняется высокие напряжения при кромочном зацеплении.

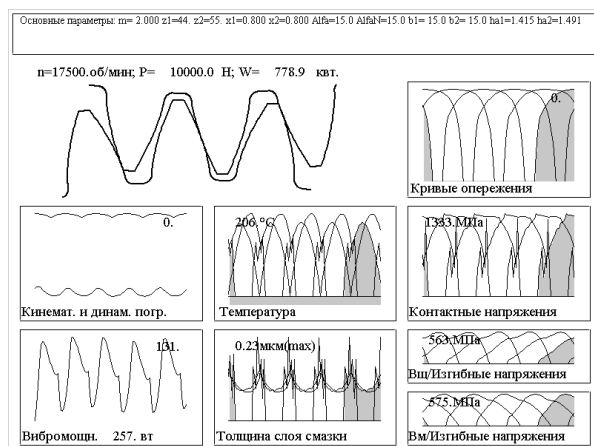


Рис. 9. Результат моделирования передачи

Заключение

Качество работы центрального привода двигателей, работающих в условиях вибраций можно существенно повысить путем выбора параметров зацепления методом компьютерного моделирования с помощью программы ASGEARS.

Литература

1. Производство зубчатых колес газотурбинных двигателей: Произв-практ. издание / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, И.П. Нежурин и др.; Под ред. Ю.С. Елисеева. – М.: Высшая школа, 2001. – 493 с.
2. Дорофеев В.Л. Основы расчета нагрузок и напряжений, действующих в зацеплении цилиндрических зубчатых передач // Вестник машиностроения. – 1983. – № 3. – С. 14 - 16.
3. Дорофеев В.Л. Технология производства высокопрочных зубчатых передач. Двойная модификация профиля зубьев // Конверсия в машиностроении. – 2001. – № 5. – С. 79-84.

Поступила в редакцию 21.05.2008

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.А. Гейкин, ФГУП «ММП «САЛЮТ»; канд. техн. наук В.С. Новиков ФГУП «ММП «САЛЮТ», Москва, Россия.