

АНАЛИЗ НДС ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА

Куриленко В.В., Пронкевич С.А., Александров А.А.

Широкие кинематические возможности планетарной передачи являются одним из основных ее достоинств и позволяют использовать передачу в различных областях машиностроения. Мощность передается по нескольким потокам, число которых равно числу сателлитов, что уменьшает нагрузку в каждом зацеплении. Внутреннее зацепление обладает повышенной нагрузочной способностью, так как у него больше приведенный радиус кривизны в зацеплении, поэтому наиболее опасным является внешнее зацепление.

Основными элементами, определяющими работоспособность зубчатых передач, являются зубья. Решающее влияние работоспособность зуба оказывают контактные напряжения σ_H и напряжения изгиба σ_F . Для каждого зуба σ_H и σ_F не являются постоянно действующими. Они изменяются во времени согласно некоторому прерывистому отнулевому циклу. Время действия напряжения σ_F за один оборот колеса равно продолжительности зацепления одного зуба. Напряжения σ_H действуют еще меньшее время. Переменные напряжения являются причиной усталостного разрушения зубьев: поломка зубьев от напряжений изгиба и выкрашивание поверхности от контактных напряжений. С контактным напряжением и трением в зацеплении связаны также износ, заедание и другие виды повреждения поверхностей зубьев [1].

В качестве примера рассмотрим планетарную передачу, аналогичную тем, которые используются в редукторах карьерных самосвалов. Ее характеристики: модуль $m=10$, количество зубьев солнечного колеса $z_a=22$, сателлита $z_g=29$, корончатого колеса $z_b=83$, ширина зубчатого венца $b=150$ мм. Начальные диаметры $d_{w1}=230.33$ мм, $d_{w2}=303.61$ мм, $d_{w3}=820.69$ мм, крутящий момент на солнечном колесе $T=20117$ Нм.

Для получения трехмерной модели зубчатых колес использовался пакет SolidWorks, предназначенный для твердотельного трехмерного моделирования. Профиль зуба был построен путем задания координат согласно уравнениям эвольвенты. Расчет напряженно-деформированного состояния произведен средствами пакета ANSYS Workbench.

Ansyst Workbench – программный продукт, в основу которого положен современный объектно-ориентированный подход к инженерному анализу, использует при этом возможности решателей ANSYS. ANSYS – многоцелевой конечно-элементный пакет для проведения анализа в широкой области инженерных дисциплин. Это универсальный конечно-элементный пакет, предназначенный для решения в единой среде на одной и той же конечно-элементной модели задач по прочности, теплу, электромагнетизму, гидрогазодинамике, многодисциплинарного связанного анализа и оптимизации на основе всех выше приведенных типов анализа.

Конечно-элементная сетка строилась таким образом, чтобы обеспечить по возможности большую дискретизацию в зонах контакта и в зонах у основания зуба. Это вызвано тем, что форма и размер конечных элементов значительно влияют на точность решения. Сетка создана трансляцией гексагональных элементов, что позволяет получить регулярную сетку и добиться таким образом лучшей сходимости расчетных результатов. Всего КЭ-сетка содержит порядка 280 000 узлов и 53 000 элементов (рисунок 1).

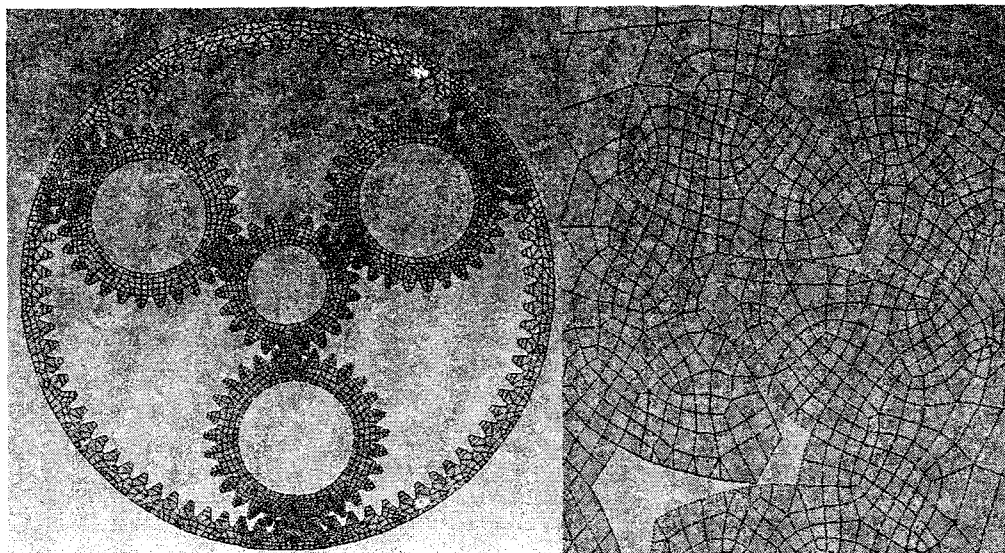


Рисунок 1 – Конечно-элементная сетка

Воздействие одной детали на другую осуществляется через специальные контактные элементы. Контактные элементы образуют особый поверхностный слой в области контакта и позволяют задавать взаимодействие деталей. Расчетные алгоритмы ANSYS позволяют моделировать контакт, не задавая точное совпадение узлов сетки на границе. Такой подход к моделированию контакта разрешает задавать различную плотность сетки в контактирующих деталях, например измельчать сетку в наиболее интересных зонах.

Для задания свойств материала используется линейная изотропная модель. Для стали: модуль упругости $E=2.1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\mu = 0.23$, плотность $\rho = 7000$ кг/м³. Для узлов, находящихся на цилиндрической поверхности корончатого колеса заданы граничные условия полной заделки. Граничные условия для сателлитов состоят в ограничении только в осевом направлении цилиндрической системы координат, что позволяет сателлитам поворачиваться под действием нагрузок. К цилиндрической поверхности солнечного колеса приложен крутящий момент (рисунок 2).

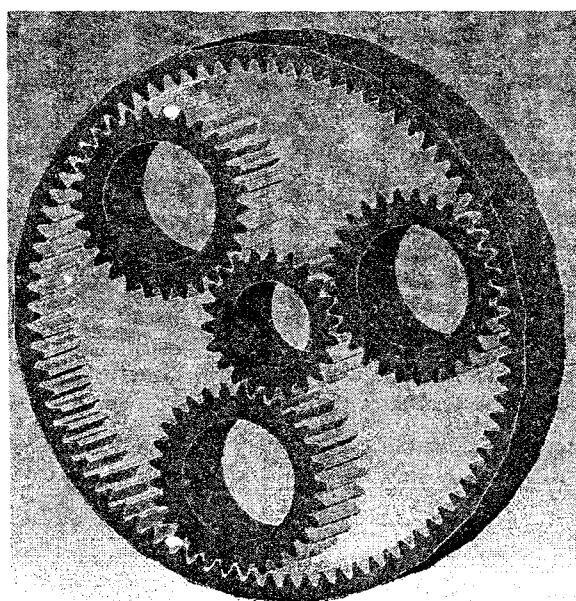


Рисунок 2 – Схема нагружения

Результаты расчета напряженно-деформированного состояния для планетарного редуктора приведены на рисунке 3. Как и предполагалось, максимальные напряжения $\sigma = 180$ МПа действуют в областях внешнего зацепления. Вблизи же внутреннего зацепления напряжения достигают $\sigma = 80$ МПа.

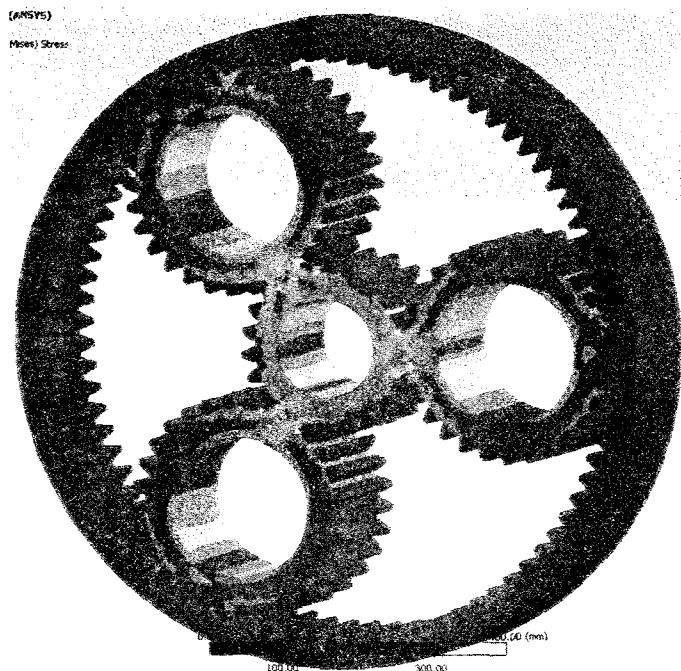


Рисунок 3 – НДС в редукторе

Использование CAD/CAE систем позволяет значительно ускорить и удешевить процесс создания деталей машин, и предсказать их поведение и возможные поломки на этапе проектирования, а также решить эти проблемы еще до создания экспериментального образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, М.Н. Детали машин: учеб. для студентов вузов / М.Н. Иванов; под ред. В.А. Финогенова. – М.: Высш. шк., 1998. – 383 с.: ил.
2. Чигарев, А.В. ANSYS для инженеров / А.В. Чигарев, А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк. – М: Машиностроение, 2004. – 506 с.

Поступила 14.11.11