

## КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЧНОСТНОГО АНАЛИЗА ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Голдобин В.А. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В настоящее время почти нет машин и механизмов, в которых не было бы передач зацеплением. Широкое распространение таких передач объясняется надежностью их в работе и высокой несущей способностью. Правильно рассчитанные зубчатые передачи могут работать теоретически неограниченное, а практически длительное время.

В настоящее время проводятся большие исследовательские работы в области усталостной прочности зубчатых колес, динамических процессов в зубчатых передачах, концентрации нагрузки по контактным линиям, заедания рабочих поверхностей и многое другое.

Недостаточное внимание уделяется пока такому важному фактору, как определение величины и характера нагрузок, с которыми должны работать передачи. Исходные данные для расчета часто выбираются необоснованно, а нагрузки из осторожности назначаются с неоправданным запасом, вследствие чего уточненный расчет передачи теряет всякий смысл.

Задачей данной публикации является ознакомление широкого круга конструкторов с современным состоянием расчетов зубчатых передач при помощи САПР КОМПАС-3D и пакета программ APM WinMachine.

Для проведения качественного анализа необходима трехмерная модель, максимально соответствующая реальной конструкции.

В качестве трехмерного моделиера в комплексе выступает КОМПАС-3D, а подготовка модели к расчету, расчет и вывод результатов возложен на модули системы APM WinMachine: APM Studio и APM Structure3D. В них могут быть рассчитаны стержневые, тонкие пластинчатые и объемные твердотельные конструкции, а также их произвольные комбинации. В состав этого решения входят инструменты подготовки трехмерных моделей к расчету, задания граничных условий и нагрузок, а также встроенные генераторы конечно-элементной сетки (как с постоянным, так и с переменным шагом) и постпроцессор. Этот функциональный набор позволяет смоделировать поверхностный или твердотельный объект и проанализировать поведение расчетной модели при различных воздействиях. Также можно использовать модуль APM Trans для расчета и получения теоретических профилей зубчатых колес и действующих напряжений в зацеплении по стандартным методикам. Методика создания объемной модели зубчатого колеса описана в работе [1].

Технологически это выглядит следующим образом. Трехмерные модели могут быть переданы для расчета тремя способами:

- из КОМПАС-3D, используя стандартный метод подключения библиотек;
- из APM Studio, если в настоящий момент модель открыта в КОМПАС-3D;
- из APM Studio, используя функцию импортирования, если модель ранее была сохранена в формате КОМПАС-3D.

Закрепление и нагружение модели может происходить произвольным образом как силовыми, так и термическими воздействиями непосредственно в окне редактора APM Studio.

Предварительно проводится указание опорных поверхностей (закрепляется деталь) и задаются условия нагружения. Интерфейс программы позволяет

пользователю непосредственно на пространственной модели конструкции указать граничные условия и задать нагрузки различных типов:

- силы, распределенные по длине;
- силы, распределенные по поверхности;
- силы, распределенные по объему (инерционные);
- давление гидростатического типа;
- давление контактного типа;
- нагрузка, изменяющаяся по произвольному закону;
- температурные градиенты;
- линейные и угловые перемещения.

В системе реализована возможность динамического анализа. Это позволяет определять частоты и формы собственных колебаний, в том числе для моделей с предварительным нагружением, выполнить расчет на вибрацию оснований, провести расчет вынужденных колебаний, описать поведение системы при заданном законе изменения вынуждающей нагрузки от времени с анимацией колебательного процесса.

Очередным шагом перед расчетом прочности является уточнение свойств материала в соответствующей базе данных.

Для создания конечно-элементного представления объекта в APM Studio предусмотрена функция генерации конечно-элементной сетки. При ее вызове происходит соответствующее разбиение объекта с заданным шагом. Если созданная расчетная модель имеет сложные неравномерные геометрические переходы, то может быть проведено адаптивное разбиение. Для того чтобы результат процесса был более качественным, генератор конечно-элементной сетки автоматически (с учетом заданного пользователем максимального коэффициента сгущения) варьирует величину шага разбиения. Этот функциональный набор позволяет комплексно проанализировать поведение расчетной модели при различных воздействиях.

APM Studio дает возможность решать линейные задачи по расчету напряженно-деформированного состояния (статический расчет), статической прочности сборок, устойчивости, термоупругости, стационарной теплопроводности.

Результатами расчетов являются:

- распределение эквивалентных напряжений и их составляющих, а также главных напряжений;
- распределение линейных, угловых и суммарных перемещений;
- распределение деформаций по элементам модели;
- карты и эпюры распределения внутренних усилий;
- значение коэффициента запаса устойчивости и формы потери устойчивости;
- распределение коэффициентов запаса и числа циклов по критерию усталостной прочности;
- распределение коэффициентов запаса по критериям текучести и прочности;
- распределение температурных полей и термонапряжений;
- координаты центра тяжести, вес, объем, длина, площадь поверхности, моменты инерции модели, а также моменты инерции, статические моменты и площади поперечных сечений;
- реакции в опорах конструкции, а также суммарные реакции, приведенные к центру тяжести модели.

Как показали исследования, описанные в работе [2] недостаточно проводить расчеты зубчатых передач на прочность с использованием стандартных методик (модуль APM Trans). Связка двух современных САПР КОМПАС-3D и APM

WinMachine поможет решить достаточно сложные задачи и дать объективную оценку при проектировании зубчатых передач. Это решение позволит широкому кругу инженеров анализировать поведение расчетной модели при различных воздействиях и создавать оптимальные конструкции.

**Список литературы:** 1. Голдобин В.А., Онищенко В.П., Пустовой А.А. Определение жесткости зуба зубчатого колеса методом конечных элементов // *Машинознавство / Матеріали 8-ої регіональної науково-методичної конференції.* - Донецьк: ДонНТУ, 2006. – С.34-38. 2. Голдобин В.А., Пустовой А.А. Анализ напряженного состояния зубьев эвольвентных передач при помощи пакета АРМ WinMachine // *Машинознавство / Матеріали 9-ої регіональної науково-методичної конференції.* - Донецьк: ДонНТУ, 2007. – С.16-19. 3. Голдобин В.А., Пустовой А.А. Анализ прочности зубьев эвольвентных передач со смещением исходного контура // *Машинознавство / Матеріали 10-ої регіональної науково-методичної конференції.* - Донецьк: ДонНТУ, 2008. – С.14-16.