

УДК 621.83

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ НАГРУЖЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Е. Г. КРИВОНОГОВА, В. В. ШЕВЦОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Конечно-элементный анализ выполнен для узла шестерен привода подачи тонера МФУ Kyocera TASKalfa 5003i.

В качестве вариантов рассматривался силовой анализ, когда задается действующий крутящий момент, и кинематический анализ, когда нагружение производят с помощью задания угла поворота.

При выполнении силового анализа соединение нагружается крутящим моментом. К внутренней грани шестерни прикладывается чистый силовой фактор (Torque), т. е. программе сообщается физическое воздействие: «На деталь давит двигатель с конкретным крутящим моментом». Значение крутящего момента, которое использовалось в расчете, составляет 1 Н·м.

Система SolidWorks воспринимает силу как константу. Она берет жесткость заданного материала, геометрию зубьев и рассчитывает, насколько сильно они изогнутся и сожмутся под этой нагрузкой. Следовательно, напряжения, которые показаны на эпюре, являются прямым результатом действия силового фактора. Угол поворота в данном случае является выходным неизвестным параметром, который программа вычисляет в процессе.

Результаты силового анализа показаны на рис. 1.



Рис. 1. Результаты силового анализа

При выполнении кинематического анализа, когда нагружение производится с помощью угла поворота, силовой фактор не прикладывается, а задается жесткое перемещение (On Cylindrical Faces – правильный микроугол в радианах). Системе сообщается геометрическое условие: «Деталь механически повернется строго на этот угол, несмотря ни на что».

SolidWorks принудительно смещает узлы сетки на заданный угол. Так как ответная шестерня зафиксирована, материал начинает сопротивляться этому смещению. Значение угла поворота, которое использовалось в расчете, составляет 0,00735 рад.

Система вычисляет, какая сила реакции возникла в зацеплении, чтобы удержать деталь в таком положении. Следовательно, напряжения, которые показаны на эпюре, являются результатом сопротивления материала принудительному сдвигу. При этом крутящий момент является неизвестным выходным параметром, который программа вычисляет на основе жесткости.

Результаты кинематического анализа показаны на рис. 2.



Рис. 2. Результаты кинематического анализа

Как можно заметить при рассмотрении эпюр напряжений, наблюдается их полное совпадение, что объясняется тем, что в основе линейного анализа SolidWorks лежит закон Гука.

Так как геометрия шестерен, зацепление и жесткость материала в обоих случаях одинаковы, математическое уравнение сборки не меняется. Просто решение выполняется с двух разных сторон.

При силовом анализе по заданному силовому фактору определяется перемещение, затем напряжение. При кинематическом анализе по заданному угловому перемещению определяется, что для его обеспечения понадобился 1 Н·м, следовательно, результирующие напряжения будут одинаковыми.

Так как в обоих случаях в точке контакта зубьев возникает абсолютно одинаковое физическое межмолекулярное давление, эпюры напряжений по *von Mises* совпадут до последнего знака после запятой.

Однако, несмотря на одинаковый результат на эпюрах напряжений, внутренние алгоритмы SolidWorks при этих двух видах расчетов работают по-разному. Это важно учитывать при проектировании и корректно задавать исходные данные. Расчеты через угловое перемещение математически гораздо стабильнее. Если в сборке есть небольшие зазоры или люфты, расчет с крутящим моментом может вылететь с ошибкой. Расчет с углом поворота провернет деталь ровно на заданную величину, выберет люфт и корректно завершит анализ.