

УДК 621.83

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ВОЗМОЖНЫХ РАБОЧИХ СОЕДИНЕНИЙ  
ПРЕЦЕССИОННОГО МОТОР-РЕДУКТОРА

Е. Г. КРИВОНОГОВА, Д. С. ГАЛЮЖИН, С. Д. СТАНКЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Приводное устройство, созданное на основе прецессионных редуцирующих механизмов, как любая технически сложная машина состоит из ряда составных частей, деталей, сборочных единиц и стандартных изделий, которые оказывают существенное влияние на выходные кинематические и силовые (прочностные) характеристики. От слаженной совместной работы всех составных элементов зависит работоспособность, надежность и долговечность любого, даже самого простого, устройства.

Применение методов компьютерного моделирования способно на стадии проектирования учесть возникающие погрешности путем выполнения расчета по определению кинематических и силовых показателей редуцирующего механизма и элементов привода. Одним из подобного вида расчетов является расчет основных рабочих соединений привода, таких как шпоночное или шлицевое соединение типа «вал – ступица».

Мотор-редуктор объединяет в одно устройство редуктор и электродвигатель, причем выходной вал электродвигателя является входным валом редуктора.

Мотор-редуктор, на основе любой из возможных структурных схем, может быть выбран в качестве прецессионного редуцирующего механизма для исследования рабочих соединений.

Прежде чем проводить исследование выбранного мотор-редуктора, необходимо подтвердить возможность применения классической методики расчета шпоночных и шлицевых соединений аналитическим методом и выявить сходимость данных, полученных аналитически и с помощью систем компьютерного моделирования, на примере расчета простых конструкций [1]. Для компьютерного моделирования и последующего расчета использовались программные продукты КОМПАС-3D и SolidWorks.

Далее будет представлен результат расчета рабочего соединения типа «вал – ступица» призматической шпонкой.

Основной функцией шпонки является передача крутящего момента между узлами. Крутящий момент передается с вала на ступицу боковыми гранями шпонки. При этом возникают напряжения смятия  $\sigma_{см}$ , а в продольном сечении шпонки – напряжения среза  $\tau_{ср}$ . Условие прочности на срез в продольном сечении стандартных шпонок обеспечивается выбором размеров  $b \times h$ . При решении проектной задачи соответствующая проверка не требуется. Проверяют шпонки только по напряжениям смятия [2].

Схема сил, действующих на шпонку, и результаты компьютерного моделирования представлены на рис. 1.

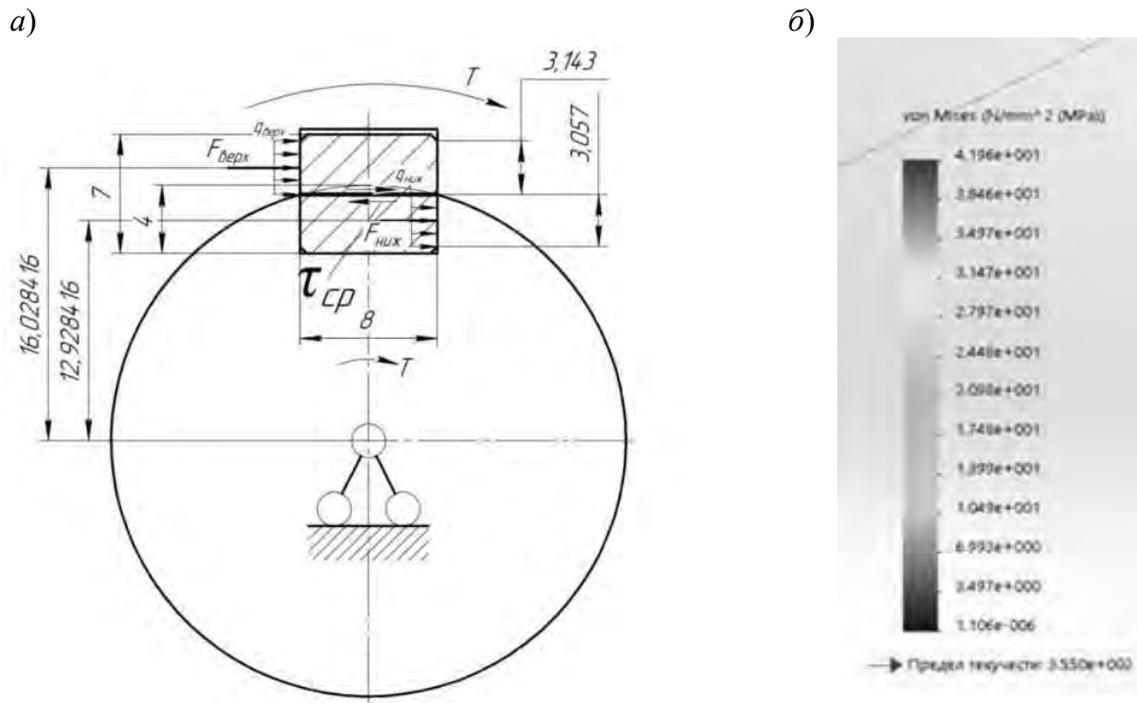


Рис. 1. Схема сил, действующих на шпонку, и результаты компьютерного моделирования

В результате аналитического расчета определены следующие параметры:  $F_{\text{верх}} = 4283,6$  Н;  $F_{\text{низ}} = 5310,7047$  Н;  $A = 113,11$  мм<sup>2</sup>. Так как передаваемый момент одинаковый, расчет будем проводить по  $F_{\text{низ}} = 5310,7047$  Н. Напряжение смятия определяем из условия прочности при растяжении-сжатии:

$$\sigma_{\text{см}}^a = \frac{F}{A} = \frac{5310,7}{113,1} = 46,95 \text{ МПа.} \quad (1)$$

Погрешность расчетов аналитическим методом и с помощью компьютерного моделирования составляет:

$$\Delta = \frac{\sigma_{\text{см}}^a - \sigma_{\text{см}}^k}{\sigma_{\text{см}}^a} = \frac{46,95 - 41,96}{46,95} \cdot 100 \% = 10,63 \% \text{ МПа.} \quad (2)$$

Сходимость 10,632 % была получена при размере сетки 0,5 мм. Учитывая тенденцию сближения с аналитикой, считаем данный метод анализа применимым к расчету подобного рода соединений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Практикум по основам проектирования и деталям машин: учебное пособие / М. Е. Лустенков. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – 203 с. : ил.
2. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения: учебное пособие для вузов / М. Д. Подскребко. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 670 с.