

УДК621.833

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗУБЬЕВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Риман О. Д.<sup>1</sup>, Левадный Е. В.<sup>2</sup>, Родионов Л. В.<sup>1</sup><sup>1</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика

С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара,

<sup>2</sup>Днепропетровский национальный университет имени Олеса Гончара

Правильно спроектированная и изготовленная передача при выполнении всех правил эксплуатации не должна перегреваться и производить при работе сильного шума [1 – 4]. Тем не менее, стоит отметить наиболее часто встречающийся вид разрушения зубьев – поломку рабочих поверхностей зубьев.

Этот вид разрушения зубьев полностью выводит передачу из строя. Чаше поломка наблюдается у основания зуба (рисунок 1) вследствие периодического действия переменной нагрузки, имеющей пульсирующий характер, а также в результате значительной кратковременной перегрузки (ударной нагрузки). Трещина, как правило, образуется в зоне растяжения и распространяется вдоль основания ножки зуба, а иногда к его вершине или по какой-то рабочей части зуба. Для предупреждения излома проводится расчёт зуба по напряжениям изгиба. Для оценки напряжённо-деформированного состояния (НДС) рассматривалась двумерная статическая контактная задача.

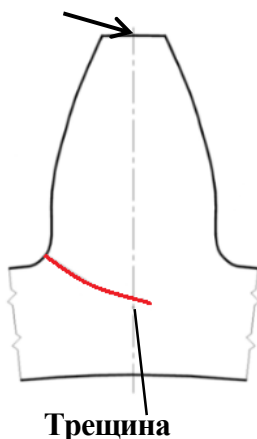


Рис. 1. Образование усталостной трещины

Зуб колеса закреплён жёстко в узлах сетки конечных элементов по нижней поверхности объёма. Зуб шестерни закреплён по верхней поверхности в узлах сетки шарнирно подвижно с возможностью перемещения по линии зацепления. Внешняя нагрузка на зуб шестерни, возникающая от действия вращающего момента, приложена в шарнирно подвижных узлах на верхней поверхности шестерни. Момент равен 0,4 Н·м.

В настоящее время интерес представляют композиционные материалы. Свойства материалов зубчатых колес приведены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства материалов зубчатых колес

Название материала	Модуль упругости, МПа	Предел прочности, МПа
ZedexV2T	2540	103
Zedex VMT	5454	131
Базальтопластик	30000	648
РЕКК	6800	122
Сталь	210000	1000

Результаты расчёта НДС для материала базальтопластик приведены на рисунках 2 и 3. На рисунках показано напряжения по Мизесу. Размерность – МПа.

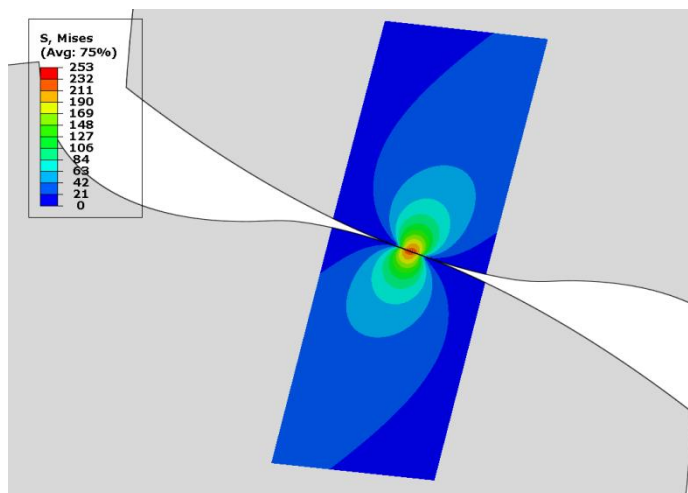
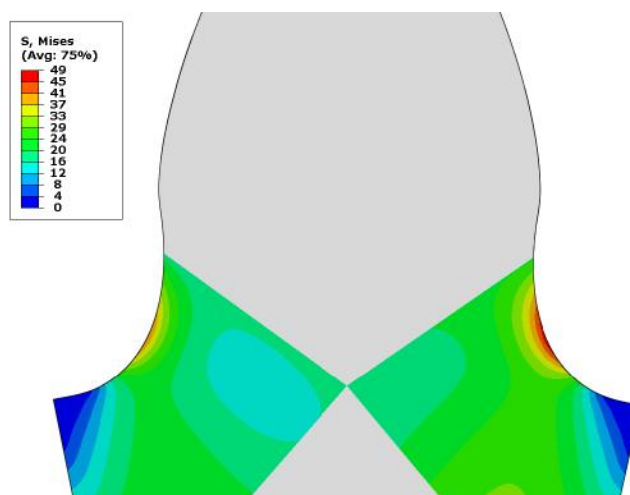


Рис. 2. Распределение напряжений по Мизесу в зоне контакта



а) растянутая сторона

б) сжатая сторона

Рис. 3. Распределение напряжений по Мизесу у основания зуба

Результаты расчёта НДС для материалов, представленных в таблице 1, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчёта НДС

Материал	Контактные напряжения	Изгибные напряжения	Коэффициент запаса прочности
Сталь	638	49	1,56
Zedex V2T	74	51	1,39
Zedex VMT	109	49	1,2
Базальтопластик	253	49	2,56
PEEK	121	49	1

Из рисунка 3 видно, что поверхностные слои материала зуба оказывают меньшую сопротивляемость усталостным сжимающим напряжениям, чем напряжениям растяжения, поэтому наиболее опасными являются напряжения, возникающие на сжатой стороне зуба.

Долговечность зубьев можно повысить, увеличив прочность основания зуба и уменьшив концентрацию напряжений в опасном сечении, а также увеличив модуль передачи.

Результаты получены в рамках выполнения работ по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных (номер гранта МК-3265.2015.8).

#### Библиографический список

1. Крючков, А. Н. Исследование неравномерности подачи жидкости шестерённым качающим узлом [Текст] / А. Н. Крючков, Л. В. Родионов, М. С. Гаспаров, Е. В. Шахматов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2007. – № 1 (12). – С. 187-195.

2. Родионов, Л. В. Разработка математической модели возбуждения высокочастотных осевых вибраций корпуса комбинированного насоса с шестерённым качающим узлом [Текст] / Л. В. Родионов, А. Н. Крючков, Е. В. Шахматов, М. С. Гаспаров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2006. – Т. 8. № 4. – С. 1124-1130.

3. Иголкин, А. А. Снижение колебаний и шума в пневмогидромеханических системах [Текст] / А. А. Иголкин, А. Н. Крючков, Г. М. Макарьянц, А. Б. Прокофьев, С.П. Прохоров, Е. В. Шахматов, В. П. Шорин. – Самара: Изд-во СГАУ, 2005. – 314 с.

4. Гаспаров, М. С. Гидродинамика и виброакустика комбинированных насосных агрегатов [Текст] / М. С. Гаспаров, А. Н. Крючков, Е. В. Шахматов, В. П. Шорин. – Самара: Изд-во СГАУ, 2006. – 86 с.