

**ДИНАМИКА И СТАТИКА
МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВОГО КОЛЕСА СИЛОВОЙ
ВОЛНОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ**

**Ю.С. Воробьев¹, д.т.н., проф., Н.Ю. Овчарова¹, инж. I
кат., Т.Ю.Евченко², студент**

¹*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного
НАН Украины;*

²*НТУ “ХПИ”, кафедра газогидромеханики и теплообмена*

Рассматривается задача определения напряженно-деформированного состояния двухслойного металлополимерного колеса силовых волновых передач, под действием статических и динамических нагрузок. Использована трехмерная конечно-элементная модель металлополимерного колеса.

Введение. Волновые зубчатые передачи основаны на принципе превращения параметров вращательного движения с помощью волновой деформации и имеют ряд преимуществ, таких как большое передаточное число, достаточно большое количество зубьев находящихся в зацеплении, высокая кинематическая точность, более высокий КПД и др. Используют волновые зубчатые редукторов или волновые приводы для летательных аппаратов, робототехнических комплексов, в технике подводного флота, транспортно-накопительных системах [1 – 3]. Также волновые передачи, в сравнении с обычными зубчатыми, имеют меньшую массу и меньшие габариты, обеспечивают более высокую кинематическую точность, работают с меньшим шумом. В данной статье рассматривается металлополимерная конструкция гибких зубчатых колес волновых передач с повышенной работоспособностью, у которой прочность и твердость металлического слоя с зубчатым венцом соединяется комплексом антифрикционных демпфирующих защитных и других положительных качеств полимера. Наличие металлического слоя (снаружи) уменьшает влияние усадки полимера колебаний температуры и влажности окружающей среды на размерную стабильность оболочки [3 – 5]. При выборе материала полимерного слоя учитывают такие характеристики как: усталостная прочность, износостойкость, антифрикционные особенности, теплостойкость, размерная стабильность, а также ориентируются на значение модуля упругости $E_2 = 3000 \dots 2000$ МПа [4 – 6].

Постановка задачи.

Рассматривается двухслойное металлополимерное зубчатое гибкое колесо под воздействием внутренней статической нагрузки, и внешнего

динамического нагружения. Модель материала металлического наружного слоя: сталь 40ХНМА (30ХГСА): плотность $\rho=7800 \text{ кг/м}^3$, модуль упругости $E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $\nu=0,3$. Модель материала внутреннего слоя полимер ПУ-1: плотность $\rho=1300 \text{ кг/м}^3$, модуль упругости $E = 3100 \text{ МПа}$, $\nu=0,45$.

Результаты расчета

На первом этапе проведен анализ напряженно-деформированного состояния $\frac{1}{4}$ части зубчатого колеса, исходя из симметрии вращения. Поскольку колесо находится под действием статического и динамического нагружения, динамическое нагружение спроектировано в несколько шагов.

Получены данные распределения напряжений и перемещений в моменты времени 0.001 сек., когда на полимерное колесо действует только статическая нагрузка (рис. 1), в период времени с 0.001 до 0.01 сек. – действует динамическая нагрузка (рис. 2), 0.01 – 0.1 сек. – динамическое нагружение снимается (рис. 3).

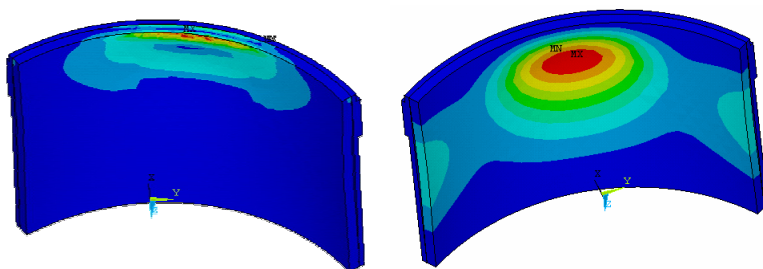


Рис. 1. Распределение интенсивностей напряжений и перемещений от воздействия статической нагрузки.

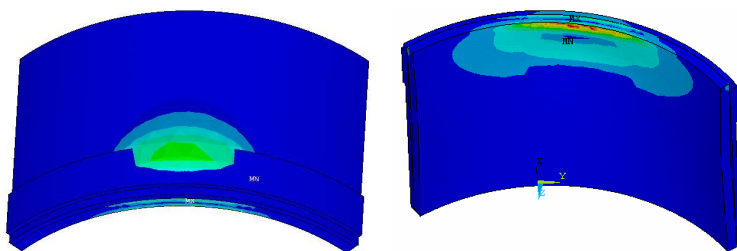


Рис. 2. Распределение интенсивностей напряжений в момент динамического нагружения в полимерном и металлическом слое.

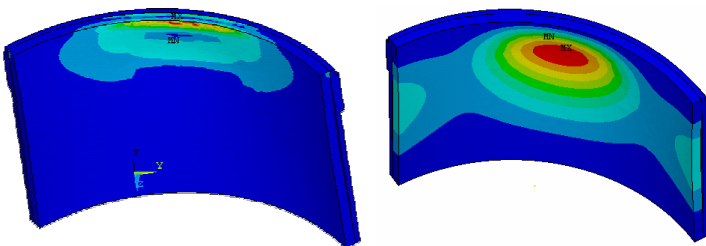


Рис.3. Распределение интенсивностей напряжений и перемещений при снятии динамической нагрузки.

Статическое и динамическое нагружения носят локальный характер, что хорошо видно по результатам расчетов. Статическое нагружение действует на внутреннюю поверхность металлополимерного колеса и составляет 8 МПа. Максимальные интенсивности напряжений при статическом нагружении составляют 293 МПа и максимальные перемещения – 0.306 мм. В момент воздействия динамической нагрузки на внешнюю поверхность металлополимерного колеса с силой 1.3 МПа, максимальные интенсивности напряжений возрастают до 300 МПа, а перемещения - 0.316 мм. Следует отметить что максимальные напряжения и перемещения остаются в полимерном слое. При снятии динамической нагрузки интенсивности напряжений возвращаются к значениям 293 МПа, а перемещения составляют 0.305 мм.

На следующем этапе был проведен расчет напряженно-деформированного состояния модели металлополимерного колеса. На рис.4 представлен характер распределений интенсивностей напряжений при статическом нагружении. На рис.5 показано характер деформирования металлополимерного колеса от воздействия статической силы.

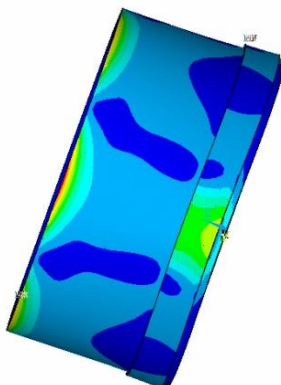


Рис. 4. Распределение интенсивностей напряжений.

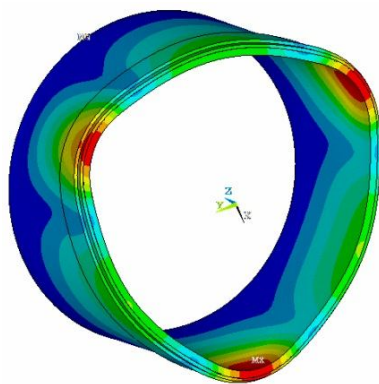


Рис.5. Характер деформирования металлополимерного колеса, при статическом нагружении.

Заключение. В результате расчета напряженно-деформированного состояния были получены максимальные перемещения, которые составили 0,306 мм в полимерном слое при статическом нагружении и 0,316 мм – при воздействии динамической силы. Это удовлетворяет условию, что максимальные перемещения не должны превышать 0,5 мм для статической нагрузки и 0,8 мм для динамической. Следует отметить, что при нагружении данной конструкции, максимальные перемещения находятся в середине расположенного зуба, а максимальные напряжения достигаются на свободном открытом конце оболочки, и составляют 293 МПа. Также следует отметить, что напряжения составляющие 180 МПа возникают на закрепленном конце цилиндрической оболочки. Полученные численные значения не выходят за пределы допустимых.

Список использованных источников

1. Волков Д.П. Волновые зубчатые передачи / Д.П. Волков, А.Ф. Крайнев. – К.: Техника, 1976. – 216 С.
2. Приймаков А.Г. Гибкие автоматизированные производства и робототехнические комплексы. // Учебное пособие. – Харьков: 1995. – 75 С.
3. Приймаков А.Г. Теория и конструирование силовых волновых зубчатых передач: монография / А.Г. Приймаков, Ю.С. Воробьев, Г.А. Приймаков. – Харьков: «Обериг», 2010. – 351 С.
4. Иванов М. Н. Волновые зубчатые передачи. – М: Высшая школа, 1981.- 198 С.
5. Рудницкий В.И. Определение приведенного модуля упругости двухслойного металлополимерного гибкого колеса волновой зубчатой пере-

- дачи / В.И. Рудницкий, А.Г. Примаков // Динамика и прочность машин 1984, № 32. – 49 – 52 С.
6. Белый В.А. Металлополимерные зубчатые передачи / В.А. Белый, В.Э. Старжинский, С.В. Щербakov. – Минск: изд. Наука и техника, 1981. – 351 С.
7. Болотин Б.В. Механика многослойных конструкций / Б.В. Болотин, Ю.В. Новичков. – М.: Машиностроение, 1980. – 37 – 49 С.

Анотація

ДИНАМІКА ТА СТАТИКА МЕТАЛОПЛАСТИКОВОГО КОЛЕСА СИЛОВОЇ ХВИЛЬОВОЇ ЗУБЧАТОЇ ПЕРЕДАЧІ

Ю.С. Воробйов, Н.Ю. Овчарова, Т.Ю. Євченко

Розглядається задача визначення напружено-деформованого стану двошарового металополімерного колеса силових хвильових передач, під дією статичних та динамічних навантажень. Використана тривимірна скінченно-елементна модель металополімерного колеса.

Abstract

DYNAMICS AND WHEELS STATIC METAL-PLASTIC SYLOVOY VOLNOVOY ZUBCHATOY OVER

Yu.S. Vorobiev, N.Yu. Ovcharov, T.Yu. Evchenko

The problem of stress-strain state of a two-layer metal-wheel power wave transmission, under the influence of static and dynamic loading is determinate. Three-dimensional finite-element model of metal wheels are used.