

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНИМАЦИЯ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ, СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOLIDWORKS**

**Н. В. Бочарова**, старший преподаватель,

**А. И. Логвин**, студент,

**В. А. Ковпанько**, студент

*Брестский государственный технический университет, г. Брест,  
Республика Беларусь*

Ключевые слова: планетарная передача, 3D-моделирование, SolidWorks, КОМАС-3D, Inventor.

В данной статье исследовались некоторые свойства зубчатых передач (механические передачи, в состав которых входят зубчатые колеса) на примере моделирования и расчета планетарной передачи.

Планетарные передачи имеют самое широкое распространение в технике, так как обладают рядом преимуществ по сравнению с другими передачами: постоянством передаточного отношения; небольшими габаритами; высоким КПД (до 0,97–0,98); надежностью работы (ресурс редукторов общего назначения – 30 000 ч.); возможностью применения в широком диапазоне мощностей (до десятков тысяч кВт), скоростей до 200 м/с и передаточных отношений до нескольких тысяч и др.

«Планетарная передача (ПП) – механическая передача вращательного движения, за счет своей конструкции способная в пределах одной геометрической оси вращения изменять, складывать и раскладывать подводимые угловые скорости и/или крутящий момент» [1].

Устройство исследуемой ПП, представленной на рисунке 1, смоделировано в программе «КОМАС-3D» с помощью стандартного приложения «Валы и механические передачи 3D». Программное обеспечение SolidWorks обладает широким функционалом для информационного моделирования деталей и узлов при их проектировании [1, 3].

Этапы работы планетарного механизма: корона блокируется; вал подает крутящий момент на солнце; вращение солнечного колеса заставляет сателлиты вращаться вместе с ним и передавать движение на эпицикл; водило становится ведомым, сообщая пониженную передачу [2].

Одним из основных параметров ПП является передаточное число планетарных передач (отношение частоты ведущего вала планетарной передачи к частоте ведомого). Для его определения учитывают число зубьев и систему закрепления. «Чтобы не ошибиться с выбором конструкции, проводят точный расчет геометрии и прочности зубчатой передачи, сверяя с допустимыми

значениями. Ошибки вычислений приводят к чрезмерной нагрузке зубчатых передач, поломке и истиранию зубьев» [3].



*1 – эцикл; 2 – сателлиты; 3 – водило; 4 – солнечное колесо*

Рисунок 1 – Сборочная модель планетарной передачи,  
<https://www.youtube.com/watch?v=wOeez4yGWso>

После построения всех комплектующих ПП, учитывая условия сопряжения деталей, выполнена сборка. При соединении зубчатых колес обеспечивается их зацепление. Для импорта сборочной модели в среду Inventor сохраняем модель, созданную в «КОМПАС-3D», в формате IGES, который имеется в Inventor. В этой же программе выполняем анимацию. Импортируем планетарную передачу в среду SolidWorks, используя формат IGES (для каждой детали отдельно), и собираем ПП, соблюдая все правила сборки.

Выполняем статический расчет механической системы, определяем напряженно-деформированное состояние системы под нагрузкой и выявляем опасные места в сечении зубчатых колес с использованием SolidWorks Simulation [4].

Подготовка элементов исследования: зубчатые шестерни импортируем из библиотеки проектирования Toolbox SolidWorks. Фиксируем плоскости двух деталей механизма и выполняем совпадение плоскостей зубьев шестерней. Задаем материал для деталей «Легированная сталь». Фиксируем одну шестерню, делая ее неподвижной, к другой шестерне применяем зафиксированный шарнир, для того чтобы она, вращаясь, испытывала сопротивление от зафиксированной шестеренки. Задаем внешнюю нагрузку на подвижную шестерню в виде вращающего момента. Создаем сетку высокой точности и улучшаем ее в месте зацепления зубьев, чтобы получить максимально точные результаты исследования. Запускаем процесс исследования. Результаты напряженно-деформированного состояния зубчатого зацепления представлены на рисунке 2.

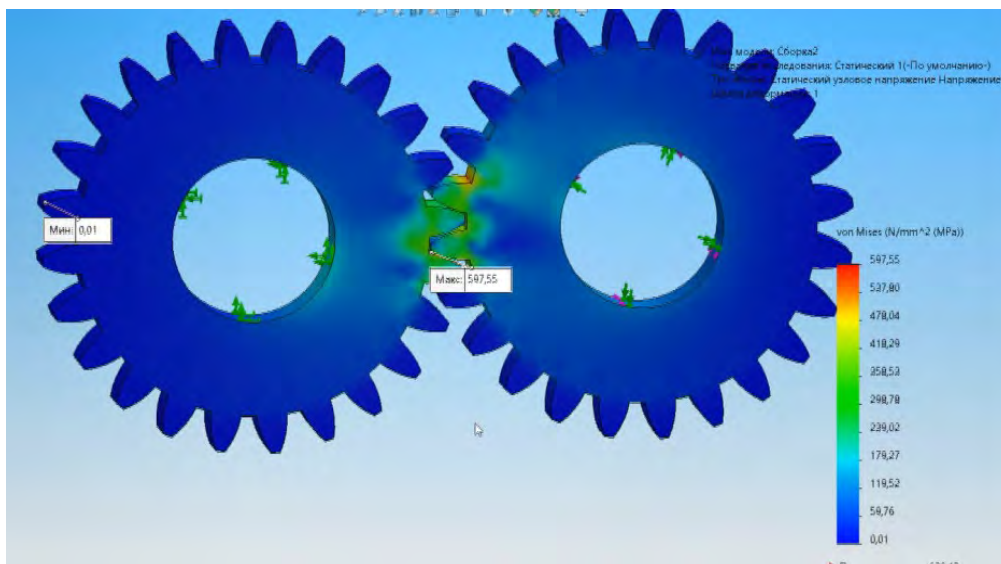


Рисунок 2 – Результаты статического расчета зубчатого зацепления

Фиксируем плоскости двух деталей механизма и выполняем сопряжение плоскостей зубьев шестерней сателлита и эпицикла. К сателлиту применяем «зафиксированный шарнир», задаем внешнюю нагрузку на сателлит – вращающий момент. При завершении процесса исследования получаем напряженно-деформированное состояние зубчатого зацепления сателлита и эпицикла, представленное на рисунке 3.

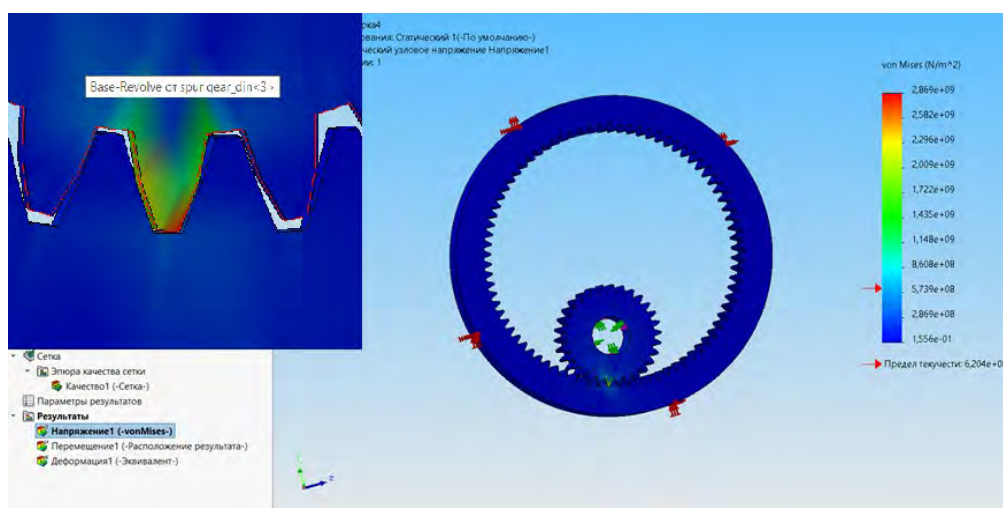


Рисунок 3 – Результаты статического расчета эпицикла, напряженное состояние зубчатого зацепления под нагрузкой

Для выполнения поставленных задач изучены программные комплексы «КОМПАС-3D», SolidWorks, Autodesk Inventor. Построена параметрическая 3D-модель планетарного механизма, выполнена анимация движения механизма и проведены статические расчеты зубчатого зацепления двух шестерней, эпицикла и сателлита. Получено напряженно-деформированное состояние зубчатого зацепления элементов планетарной передачи. При этом полученные значения не превысили максимально допустимых.

## Список литературы

1. **Кокорев, И. А.** Курс деталей машин: учеб. пособие / И. А. Кокорев, В. Н. Горелов. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2017. – 287 с.
2. **Кудрявцев, В. Н.** Планетарные передачи: справочник, Ленинградское отделение / В. Н. Кудрявцев, Ю. Н. Кирдяшев. – Л. : Машиностроение, 1977. – 536 с.
3. **Фролов, К. В.** Теория механизмов и машин / К. В. Фролов [и др.]. – М. : Высшая школа, 1987. – 496 с.
4. **Алямовский, А. А.** Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2019. – 463 с.

УДК 629.371.12

## О МОДЕЛИРОВАНИИ И РАСЧЕТЕ ДЕТСКОГО ВЕЛОСИПЕДА МАРКИ «STELS TALISMAN» В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOLIDWORKS

**Н. В. Бочарова**, старший преподаватель,  
**Д. А. Мошко**, студент

*Брестский государственный технический университет, г. Брест,  
Республика Беларусь*

Ключевые слова: 3D-моделирование, параметризация, анимация, SolidWorks, статический расчет.

В данной работе была выполнена параметрическая 3D-модель детского велосипеда по типу Stels Talisman. Для более наглядного представления данной модели была выполнена анимация движения велосипеда с помощью инструмента SolidWorks Simulation, выполнен статический расчет рамы и оценка несущей способности рамы.

Система автоматизированного проектирования SolidWorks содержит широкий набор функций трехмерного твердотельного моделирования, что особенно важно при работе над электронными моделями узлов и деталей в процессе проектирования изделий [1, 3].

Велосипед марки Stels Talisman предназначен для детей в возрасте от двух до четырех лет и не имеет переключения передач. Технические особенности: стальная рама Hi-Ten, жесткая стальная вилка, одинарные алюминиевые обода, ножные педальные тормоза. Велосипед подходит для обучения и прогулочного катания в городских условиях, диаметр колес – 14 дюймов, вес – 10,5 кг.

Параметрическая 3D-модель состоит из следующих компонентов сборки: руль, рама, цепь, колеса, каретка со звездочкой, педали, седло. Данные детали, используя условия сопряжения программного комплекса SolidWorks, объединили в механическую систему – «велосипед», представленную на рисунке 1.