

# АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ НА БАЗЕ ДИПЛОСКОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Пуунов А.С.  
НИ ТПУ, ИШПР, гр. 2БМ36 з.  
e-mail: alekspaspiun@gmail.com

**Ключевые слова:** планетарный редуктор, кинематика, структура, механическая передача с промежуточными телами в форме катков (ПТК), напряженно-деформированное состояние, коэффициент полезного действия (КПД).

## Введение

Одной из областей исследования планетарных передач является оптимизация их конструкции и работы с целью повышения эффективности и надежности. Направление оптимизации включает в себя различные аспекты их конструкции, расчета, моделирования, проектирования, а также анализ напряжений и деформаций в различных элементах, оптимизацию геометрии зубьев, разработку новых материалов для изготовления деталей передачи и т. д.

## Обзор

В качестве объекта исследования выбрана планетарная передача, основанная на диплоском зацеплении с промежуточными телами качения (ПТК). Особенностью данной передачи является уникальный способ формирования зубьев на солнечных колесах и сателлите, который представляет собой «трубчатые» поверхности, возникающие в заданных относительных движениях промежуточных тел качения. По данным «трубчатым» поверхностям размещены промежуточные тела качения (шарики), и используются в качестве паразитных колес, для передачи движения. Движение ПТК, происходит по циклоидальной траектории, что обеспечивает многопарность зацепления. Вышеуказанные особенности данной передачи позволяют существенно снизить износ за счет замены трения скольжения трением качения, а также, выдерживать большие нагрузки [1].

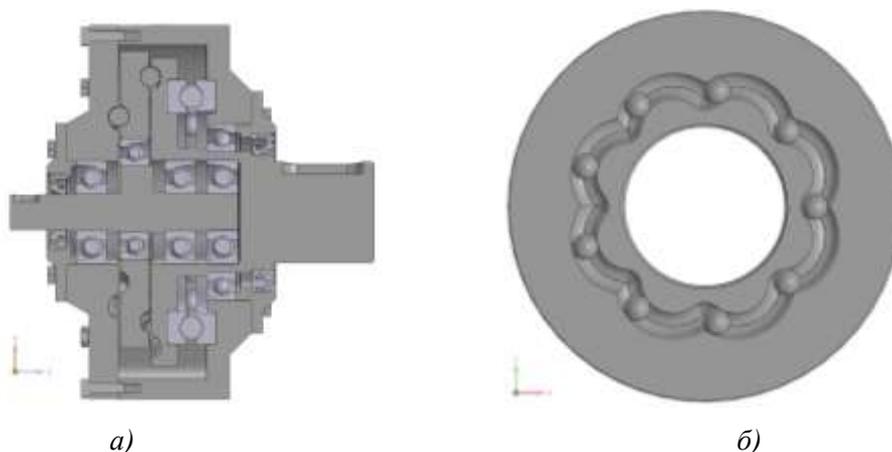


Рис. 1. CAD-модель: а – редуктора; б – сателлита с промежуточными телами качения

**Решение.** Был произведен расчет геометрии, построена 3D-модель и анализ в рамках пакета ПО «ANSYS R2 2020».

В качестве материалов были выбраны: сталь 40Х (У+ТВ) для сателлита и сталь 40Х (У) для колеса. Допустимые контактные напряжения определялись с использованием формулы [2]:

$$[\sigma]_H = K_{HL} * [\sigma]_{H0}, \quad (1)$$

где  $[\sigma]_H$  – допускаемое контактное напряжение ( $\text{Н/мм}^2$ );  $K_{HL}$  – коэффициент долговечности;  $[\sigma]_{H0}$  – допускаемое контактное напряжение при числе циклов переменных напряжений.

Принимается значение по менее прочным зубьям. Допускаемое контактное напряжение составило  $530 \text{ Н/мм}^2$ .

Для анализа напряженно-деформированного состояния механической передачи использовалось программное обеспечение ANSYS R2 2020. В данной версии ANSYS R2 2020 применяется метод конечных элементов для моделирования, и решения математических моделей различных физических процессов. Фиксирование осуществляется в местах для болтового соединения. Накладываемая нагрузка равна: на входном валу  $36000 \text{ Н} \cdot \text{мм}$  на выходном валу,  $491000 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ .

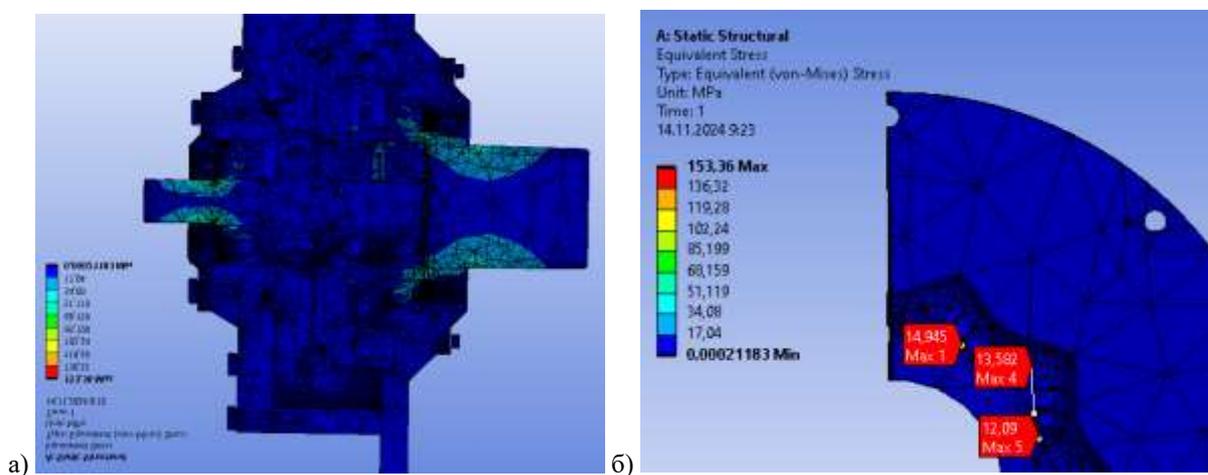


Рис. 2. CAD-модель: а) редуктора; б) солнечного колеса

На рис. 2 представлены результаты численного анализа, Максимальное значение напряжения в редукторе распределено вдоль входного и выходного валов и составило 153 МПа. Максимальное контактное напряжение, полученное на зубьях колес и сателлита, составило 14,945 МПа. Допускаемое контактное напряжение зубьев солнечных колес и сателлита равное  $530 \text{ Н/мм}^2$  не было превышено. Коэффициент запаса прочности для зубьев составил  $[RF] = 35$ .

### Заключение

Была построена CAD-модель планетарной передачи на базе диплоского зацепления с промежуточными телами качения. Также, численным методом проведен анализ напряженно-деформированного состояния планетарной передачи. Максимальное контактное напряжение составило численным методом 14,95 МПа. Запас прочности для зубьев составил  $[RF] = 35$ .

### Список литературы

1. Алиев, Ф.Р., Лазуркевич, А. В., & Ан, И.-К. (2017). Планетарная передача на базе диплоского зацепления с промежуточными телами // Интеллектуальные системы в производстве. – 2007. – 15(1). – С. 4–8. – <https://doi.org/10.22213/2410-9304-2017-1-4-8>.
2. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. Пособие для техникумов. – М.: Высш. Шк., 1991. – 432 с: ил. ISBN 506-001514-9. – 50–51 с.
3. Ханов, А.М. Детали машин и основы конструирования: учеб. пособие / А.М. Ханов, Л.Д. Сиротенко. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010 – 270 с. ISBN 978-5-398-00433-5. – 170–175 с.
4. Фомин М.В. Планетарно-цевочные передачи: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 64 с.: ил.
5. Шанников, Владимир Михайлович. Планетарные редукторы с внецентроидным зацеплением [Текст] / Доц. В. М. Шанников, канд. техн. наук. – Москва; Ленинград: [Ленингр. отд-ние] и 1-я тип. Машгиза в Л., 1948. – 172 с.