

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЗАЦЕПЛЕНИИ ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Е.А. Ефременков, к.т.н., доц.,

С.А. Шанин, к.ф-м.н., доц.,

С.Н. Сорокова, к.ф-м.н., доц.,

М.Е. Долгий, ст. преподаватель

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)- 606-392*

E-mail: ephrea@mail.ru, s_sorokova@tpu.ru

Передачи с промежуточными телами качения (ПТК) все чаще находят применение в современной промышленности. Эти передачи изучались многими авторами [1,2,3,4], но наиболее перспективной для применения в приводах станков с числовым программным управлением (ЧПУ) является передача с промежуточными телами качения и свободной обоймой (ПТКСО). Для более обоснованного использования данной передачи (рис. 1) в приводных механизмах необходимо проводить испытания вновь разработанных конструкций на ресурс. Особенно это актуально для приводов, работающих длительное время. Однако изготовление и испытание новой конструкции требуют много времени и средств, что в современных условиях развития производства является сдерживающим фактором. При проектировании стандартных механизмов широко используются системы автоматизированного проектирования и расчета, но для проектирования механизмов на базе передачи с ПТКСО отсутствуют математические модели, на основе которых можно было бы оценить температурные деформации и выполнить разработку оптимального механизма. В связи с возрастающей потребностью в разработке и проектировании механизмов на базе передачи с ПТКСО является актуальной разработка математической модели распределения температурных деформаций в зацеплении передачи с ПТКСО.

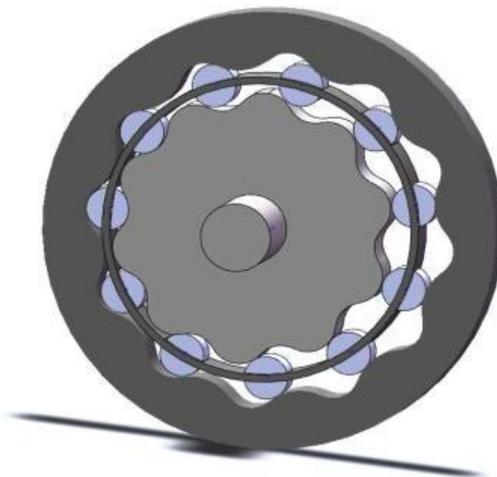


Рис. 1. Твёрдотельная модель передачи с промежуточными телами качения и свободной обоймой

В общем виде математическая постановка задачи объединяет уравнение энергии в форме уравнения теплопроводности, уравнения равновесия и соотношения между компонентами тензоров напряжений и деформаций (соотношения Дюамеля-Неймана) [5].

В связи с геометрией изучаемой системы (рис.2) целесообразно выбрать цилиндрическую систему координат с началом отсчета в центре ролика.

$$c\rho \frac{dT}{dt} = \text{div}(\lambda_T \nabla T) - 3K\alpha_T T \frac{d\varepsilon_{kk}}{dt};$$
$$\sigma_{ij,j} + \rho S \sigma_{kk} = 0, \quad i,j=1,2,3$$
$$\sigma_{ij} = 2\mu\varepsilon_{ij} + \delta_{ij}(\lambda\varepsilon_{kk} - 3K\alpha_T(T - T_0)),$$

где T - температура, ε_{ij} - компоненты тензора деформаций, σ_{ij} - компоненты тензора напряжений, c, ρ - теплоемкость и плотность компонентов системы, λ_T - коэффициент теплопроводности, α_T - коэффициент теплового расширения, K - изотермический модуль всестороннего сжатия, ε_{kk} - относительное изменение объёма, λ, μ - коэффициенты Ламе, δ_{ij} - символ Кронекера.

Система уравнений в общем случае должна быть дополнена определением деформаций, начальными и граничными условиями. На бесконечности задается условие постоянного стока тепла и отсутствие напряжений и деформаций. На границе контакта (рис.2) задаем модифицированные граничные условия четвертого рода в которых учитывается изменение температуры вследствие трения. С математической точки зрения, сформулированная система уравнений является системой переменного типа и для ее решения необходимо разработать специальные численные алгоритмы.

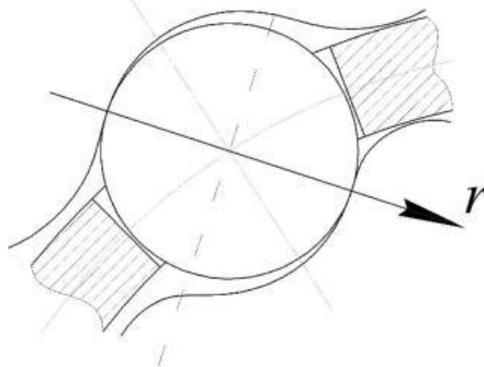


Рис. 2. Схема контакта тела качения с циклоидальными профилями зубчатых колес

Заключение

Таким образом, сформирована математическая модель распределения температурных деформаций в зацеплении передачи с ПТКС, основанная на законах термодинамики и уравнения баланса, позволяющая описать распределение температуры и напряжений в зацеплении планетарной циклоидальной передачи.

Список литературы:

5. Lustenkov, M.E. Planetary Ball Transmissions: Strength Calculations // Russian Engineering Research. – 2010, Vol.30, No. 9, pp. 862-866.
6. Prudnikov, A.P. Thermal analysis of transmission with intermediate rolling bodies // AER-Advances in Engineering Research (AviaENT 2018). – 2018. – Vol. 158. P. 338–342.
7. Ephremkov, E. Calculation of Temperature of Heating of Speed Reducers On The Basis of Transmissions with IRB// The 1st International Forum On Strategic Technology, Ulsan, KOREA, 2006. – P. 342 – 343.

ХII Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»

8. An I-Kan, П'ин А.С., Lazurkevich A.V. Load analysis of the planetary gear train with intermediate rollers. Part 2 // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering – 2016, № 124, – 6 p.
9. Боли Б., Уэйнер Дж. Теория температурных напряжений. Мир, М., 1964, 517 с