

## УДК 621.833.6

### АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК И ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА РЕСУРС ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Вова Давидович Ханоян<sup>(1)</sup>

*Студент 4 курса<sup>(1)</sup>,*

*кафедра «Металлорежущие станки»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.С. Калаев,*

*старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»*

Волновые редукторы с промежуточными телами качения представляют собой компактные механические передачи высокого передаточного отношения, в которых крутящий момент передаётся через ролики, расположенные между эллипсоидным генератором волн и жёсткой обоймой. Данный тип передач обладает повышенной контактной выносливостью и жёсткостью благодаря отсутствию гибкого зубчатого колеса и распределением нагрузки по большому числу тел качения. Эти качества делают ВПТК перспективными для высокоточных приводов станков с ЧПУ, робототехники и электромеханических систем, где требуется сочетание долговечности, компактности и способности работать при значительных нагрузках.

*Актуальность* исследования обусловлена необходимостью повышения ресурса и снижения массы приводов в условиях развития отечественного станкостроения и импортозамещения.

*Цель исследования* – изучить распределение нагрузок в волновой передаче с промежуточными телами качения с двумя волнами и оценить влияние основных геометрических и упругих параметров на контактные напряжения и ресурс передачи.

*Задачи:*

- Проанализировать конструкцию и принцип действия ВПТК с двумя волнами.
- Определить силы, действующие на ключевые элементы: эллипсоидный генератор волн, ролики, обойму и сепаратор.
- Рассмотреть влияние коэффициентов  $\psi$  - коэффициент диаметра роликов,  $\lambda$  - коэффициент укорочения эпициклоиды,  $Z_E$  - коэффициент упругости материалов и  $Z_H$  - геометрический коэффициент на контактные напряжения.
- Исследовать роль длины роликов, зазоров в зацеплении и упругих деформаций в распределении нагрузок.
- Сформулировать зависимости для расчёта контактных напряжений и предварительно оценить их влияние на долговечность передачи.

*Основные положения работы:*

В передаче момент передаётся через ролики, расположенные между эллипсоидным генератором волн и обоймой. Передаточное отношение определяется выражением:

$$U = \frac{z_c}{z_c - z_p}, \text{ где } z_c = z_p + 2$$

где  $z_p$  — число роликов,  $z_c$  — число зубьев обоймы.

Контактное напряжение в зоне зацепления рассчитывается по формуле:

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_H \sqrt{\frac{T \cdot 10^3}{l \cdot b^2}},$$

где:

$T$  — передаваемый момент,

$l$  — длина ролика,

$b$  — меньшая полуось эллипса генератора волн,

$Z_E$  — коэффициент, учитывающий упругие свойства материалов,

$Z_H$  — коэффициент, зависящий от геометрии контакта.

Радиус ролика связан с параметрами  $\psi$  и  $\lambda$ :

$$r_w = \psi \cdot \frac{\pi b}{z_p}.$$

На рисунке 1 представлена схема ВПТК с указанием распределения сил по роликам в передаче.

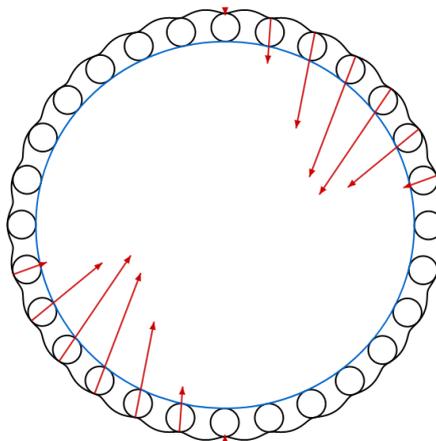


Рис. 1. Кинематическая схема волновой передачи с промежуточными телами качения с двумя волнами качения и распределением контактных сил по роликам

Упругие деформации элементов и зазоры в зацеплении приводят к перераспределению нагрузки между роликами, изменяя число одновременно работающих контактов и влияя на кинематическую точность и ресурс передачи.

Проведённый анализ распределения нагрузок в ВПТК с двумя волнами показал, что контактные напряжения существенно зависят от геометрических параметров  $\psi$  и  $\lambda$ , длины роликов, зазоров и упругих свойств материалов. Полученные зависимости позволяют обосновать выбор параметров для минимизации напряжений и повышения ресурса передачи. Результаты исследования создают основу для дальнейшей оптимизации конструкции волновых передач в высоконагруженных приводах.

## Литература

1. Лустенков М. Е. Передачи с промежуточными телами качения: определение и минимизация потерь мощности: монография. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 274 с.: ил. ISBN 978-985-492-037-5.
2. Петровский А. Н. Повышение коэффициента полезного действия внецентроидного циклоидального зацепления // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2021. № 9. С. 3–14. DOI: 10.18698/0536-1044-2021-9-3-14.
3. Крылов Н. В. Исследование жёсткости и прочности волновой передачи с телами качения электромеханического силового привода летательного аппарата: дис. канд. техн. наук. Москва, 2014. 155 с.