

## ПОВЫШЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ПЕРЕКОСЕ ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОДАТЛИВОСТИ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

*Нахатакян Д.Ф., Пузакина А.К.*

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва*

**Ключевые слова:** зубчатая передача, адаптивные свойства, угол перекоса, контактные напряжения, концентрация контактных напряжений, кольцевые канавки, податливость зубчатого зацепления.

**Аннотация.** В работе исследован вопрос увеличения нагрузочной способности зубчатых передач при перекосе путем увеличения податливости зубьев. Последнее достигается с помощью кольцевых канавок, которые уменьшают концентрацию контактных напряжений при перекосе. Задача решена аналитически, получены формулы для оценки максимальных контактных напряжений зубьев зубчатых колес при перекосе.

## INCREASING THE LOAD CAPACITY OF GEAR MECHANISMS DURING MISALIGNMENT BY INCREASING THE MALLEABILITY OF GEAR TEETH

*Nakhatakyan D.F., Puzakina A.K.*

*Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of RAS, Moscow*

**Keywords:** gear transmission, adaptive properties, skew angle, contact stresses, concentration of contact stresses, annular grooves, malleability of gear engagement.

**Abstract.** The paper investigates the issue of increasing the load capacity of gears during misalignment by increasing the malleability of the teeth. The latter is achieved with the help of annular grooves, which reduce the concentration of contact stresses during skewing. The problem has been solved analytically, formulas have been obtained for estimating the maximum contact stresses of the teeth of the gears during misalignment.

Для повышения нагрузочной способности зубчатых передач, работающих при наличии перекоса в зацеплении, в машиностроении используют различные методы. Например, в работах [1-3] предлагается конструкция зубчатых колес с адаптивными свойствами, в которых зубья имеют три кольцевые канавки глубиной полтора модуля в плоскостях, параллельных плоскостям вращения колеса, разделяющие зуб на 4 равных участка, при этом задача решается численными методами для конкретных параметров.

В настоящей работе рассмотрены зубчатые колеса с кольцевыми канавками зубьев (рис. 1), разделенных на произвольное количество  $n$  частей, при этом задача решена в общем виде, аналитически. По сути, теоретическая основа метода адаптивных зубчатых передач заключается в увеличении податливости зацепления путем уменьшения длины зуба с помощью кольцевых канавок [1-3].

Как известно [4, 5], перекос осей в зубчатых механизмах сильно влияет на концентрацию контактных и изгибных напряжений, а также на износ боковых поверхностей зубьев, при этом, параметры контакта, в том числе и максимальные контактные и изгибные деформации с учетом их концентраций, можно корректно

определить, если учесть деформативную  $\gamma_d$  составляющую угла перекося между образующими зубьев и их кривизну в продольном направлении (рис. 2). При таком подходе расчетный угол перекося  $\gamma$  будет определяться по зависимости  $\gamma = \gamma_T - \gamma_d$ . Таким образом, проблема по определению параметров зубчатой передачи с кольцевыми канавками, по сути, сводится к корректному определению расчетного угла перекося с учетом компенсирующей его величины при повышенной податливости системы.

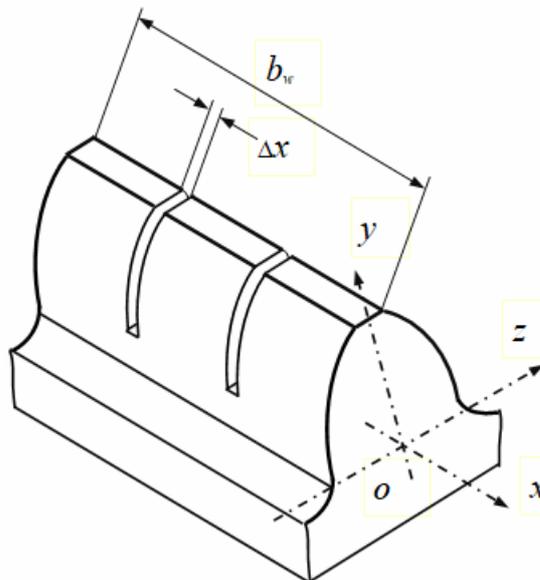


Рис. 1. Зуб зубчатого колеса с кольцевыми канавками

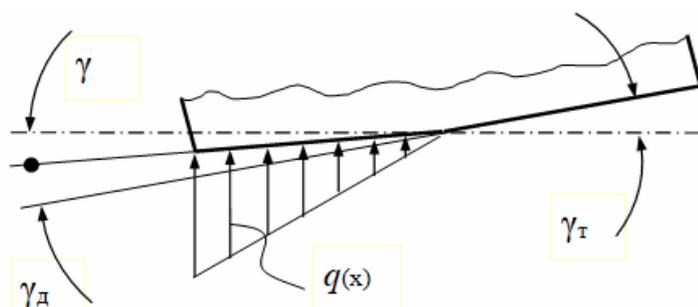


Рис. 2. Расчетная схема деформирования зуба зубчатого колеса при нагружении его неравномерно распределенной погонной нагрузкой  $q(x)$  по длине зуба

В работе показано, что деформативная составляющая для зубьев с кольцевыми канавками определяется  $\gamma_d^{ад} = 5,5nP / b^2E$ , где  $P$  – сила в зацеплении,  $b$  – длина зуба;  $E$  – модуль упругости материала зуба. Следовательно, расчетный угол будет  $\gamma^{ад} = \gamma_T - \gamma_d^{ад} = \gamma_T (1 - \gamma_d^{ад} / \gamma_T)$ ,  $\gamma_T$  – технологический угол перекося.

Расчеты показали, что в результате увеличения податливости зуба с помощью кольцевых канавок, контактные напряжения уменьшаются на 8...24% в зависимости от угла перекося, тем самым повышается нагрузочная способность передачи, что согласуется с результатами [6].

#### Список литературы

1. Korotkin V.I. Increasing the useful life and load-bearing capacity of the drives of oil pumping units // Chemical and Petroleum Engineering. 2018, vol. 54, no. 3-4, pp. 165-171.

2. Бородин А.В., Тарута Д.В., Вельгодская Т.В. Повышение несущей способности зубчатой передачи тягового редуктора тепловоза // Известия транссиба. – 2010. – №3. – С. 7-12.
3. Макаров Г.Н., Шныриков И.О., Горленко О.А. Повышение контактной выносливости зубьев прямозубых цилиндрических зубчатых передач // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2014. – №6. – С. 25-27.
4. Нахатакян Ф.Г. Контактные напряжения и деформации цилиндров при перекосе // Вестник машиностроения. – 2011. – №10. – С. 45-48.
5. Айрапетов Э.Л., Нахатакян Ф.Г. Расчетная модель износа зубьев неточных и деформируемых прямозубых зубчатых передач // Вестник машиностроения. – 1990. – №11. – С. 18-20.
6. Макаров Г.Н. Повышение надежности зубчатых передач трансмиссий сельскохозяйственной техники // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – №7(19). – URL: <http://aeconomy.ru/science/agro/povyshenie-nadezhnosti-zubchatykh-p/>

Сведения об авторах:

*Нахатакян Давид Филаретович* – младший научный сотрудник;

*Пузакина Алла Константиновна* – научный сотрудник.