

- отклонение результатов численного моделирования от данных экспериментальных исследований является значительным (до 70 %) и зависит от состава тонкопленочного теплоизоляционного покрытия;

- сравнение результатов численного анализа тепловых потоков в тонкопленочном теплоизоляционном покрытии Q_1 и Q_2 [2] позволяет сделать вывод о том, что отклонение между ними составляет не более 3 % и может быть объяснено погрешностями численных расчетов;

- отклонение Q_1 (кондуктивно-конвективная модель) от Q_3 (кондуктивно-конвективно-радиационная модель) не превышает 0.1 % и объясняется незначительными разностями температур на границах микросфер.

По этим причинам для практических расчетов можно использовать более простую модель [2].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-48-700008-р_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chou H.M., Chen C.R., Wu T.N. New transparent thin films for thermal insulation // Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers. Transactions of the Chinese Institute of Engineers. Series C. – 2015. – vol. 36. – no. 1. – P. 85–90.
2. Половников В.Ю. Кондуктивный теплоперенос в слое тонкопленочной тепловой изоляции // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 5. – С. 189–197.
3. Половников В.Ю. Влияние радиационного теплообмена на интенсификацию теплопереноса в тонкопленочной тепловой изоляции // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 8. – С. 34–39.

ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНЫХ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗАЦЕПЛЕНИИ ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Е.А. Ефременков

Томский политехнический университет,

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: ephrea@mail.ru

EVALUATION OF THE MAXIMUM CONTACT STRESSES IN THE ENGAGEMENT OF A CYCLOIDAL TRANSMISSION

E. A. Efremenkov

National Research Tomsk Polytechnic University,

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Annotation. *The article considers maximum contact stresses in engagement of transmission with intermediate rolling bodies and free cage. It is shown that the maximum contact stress occurs in the part of the profile at the position angle of the rolling body, which is in the range from 64° to 76°, depending on the initial parameters.*

К современным механизмам предъявляются высокие требования по долговечности и ресурсоэффективности. Эти требования напрямую связаны с техническими характеристиками, которые может обеспечить тот или иной механизм. Одной из характеристик, обеспечивающей долговечность и ресурсоэффективность, является напряжение, возникающее в контакте передающих нагрузку звеньев. Наиболее перспективным механизмом, способным обеспечить требуемые характеристики, является передача с промежуточными телами качения и свободной обоймой (ПТКСО). Этот класс передач используется во многих отраслях промышленности [1, 2] и постоянно

расширяет область своего применения. Передача с ПТКСО (рис.1) обладает комплексом высоких технических характеристик: компактностью, высокой точностью зацепления, способностью передавать большие крутящие моменты, неприхотливостью в обслуживании, пониженным трением скольжения в зацеплении и, как следствие, высоким КПД.

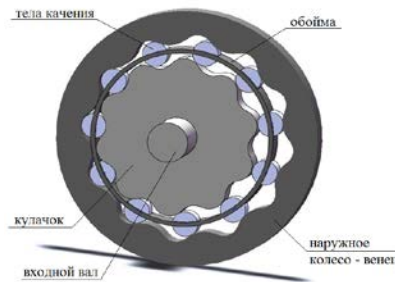


Рис. 1. Схема зацепления передачи с промежуточными телами качения и свободной обоймой

Контактное напряжение в передаче с ПТКСО определяется из выражения [3]:

$$(\sigma_H)_i = \sqrt{\frac{F_i(\rho_{2i} \pm \rho_{1i})}{\pi \cdot l_b \cdot \rho_{1i} \rho_{2i} \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}} \quad (1)$$

где F_i – нормальная сила к поверхности контакта колеса с i -ым телом качения; ρ_{1i} , ρ_{2i} – радиусы кривизны в точке контакта контактирующих тел – профиля колеса и тела качения соответственно; μ_1 , μ_2 – коэффициенты Пуассона для материалов колеса и тела качения соответственно; E_1 , E_2 – модули упругости для первого и второго контактирующих тел; l_b – длина тела качения.

Знак «+» используется для выпукло-выпуклого контакта, а знак «-» - для выпукло-вогнутого.

Через исходные параметры передачи с ПТКСО, предполагая материал колес и тел качения – сталь, это выражение записывается следующим образом [4]:

$$(\sigma_H)_{\max} = 191,65 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{T_k \cdot k \cdot \sin \varphi}{l_b r_b \arccos i_{21} \left(k - \frac{r_b}{r_2 a} \right) \Sigma \left(\frac{\sin \varphi}{a} \right)^2}} \quad (2)$$

где k и a – коэффициенты; r_b – радиус тела качения; l_b – длина контакта; r_c – радиус расположения центров тел качения; r_2 – радиус центроиды обоймы с телами качения; i_{21} – передаточное отношение от обоймы с телами качения к кулачку; T_k – крутящий момент на кулачке.

Из выражения (2) видно, что величина контактного напряжения зависит от угла φ . Этот угол определяет положение тел качения относительно циклоидальных профилей колес передачи, а, следовательно, контактное напряжение зависит от взаимного расположения тела качения относительно изгиба циклоидального профиля. В связи с этим максимальное контактное напряжение возникает на разном угле расположения тел качения φ (в разных местах циклоидального профиля) у механизмов, спроектированных с отличающимися исходными параметрами.

Изменяя исходные параметры передачи с ПТКСО, – коэффициент смещения χ и радиус центроиды r_2 , – и определив контактные напряжения по выражению (2), получим графики изменения контактных напряжений по профилю (рис. 2).

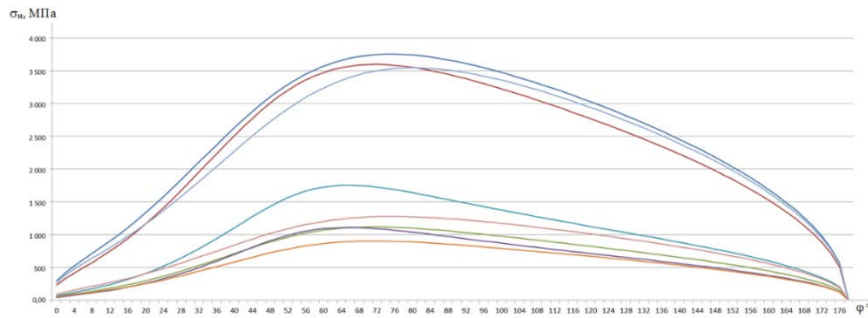


Рис. 2. Графики изменения контактных напряжений при изменении исходных параметров передачи с ПТКСО

На рис. 2 можно увидеть, что максимальные контактные напряжения возникают на угле φ в диапазоне от 64° до 76° . Данные графики получены для одного и того же передаточного отношения механизма, но при изменении числа тел качения (передаточного отношения) максимальное контактное напряжение может смещаться по углу.

Таким образом, в статье показано, что максимальное контактное напряжение в циклоидальной передаче с ПТКСО при разных исходных параметрах возникает на разных участках циклоидального профиля колес и в основном находится в диапазоне угла положения тел качения от 64° до 76° .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панкратов Э.Н. Проектирование механических систем автоматизированных комплексов для механообрабатывающего производства. Практикум лидера-проектировщика. – Томск: ТГУ, 1998. – С. 296.
2. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Блащук М.Ю., Рыльцева Я.Г. Анализ возможности применения редукторного привода в трансмиссии геохода (Analysis of the possibility of using the reducing drive in the transmission of geohod) // Вестник науки Сибири – 2012. – №1 (2). – С. 372–378.
3. Ефременков Е.А. Разработка методов и средств повышения эффективности передач с промежуточными телами качения: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2002. – 126 с.
4. Efremenkova E.A., Efremenkova S.K., Dyussebayev I.M. Determination of geometric parameter of cycloidal transmission from contact strength condition for design of heavy loading mechanisms // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 795.–Article number 012024.

РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ БИЗНЕС-СТАРТАПА У СТУДЕНТОВ ТПУ: НАУЧИТЬ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВУ В СТЕНАХ ВУЗА

А. А. Вазим

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: vazim@tpu.ru

DEVELOPMENT OF BUSINESS STARTUP SKILLS FOR TPU STUDENTS: TEACH ENTREPRENEURSHIP AT THE UNIVERSITY

A. A. Vazim

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. The article is devoted to the new training course engineering entrepreneurship. The author gives arguments in favor of the demand for this course for the following reasons: increased competition, increased information assistance to small businesses with limited