

АНАЛИЗ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Пиунов А.С.

Научный руководитель доцент Г.Р. Зиякаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ключевые слова: геометрический синтез, кинематика, конструкция, промежуточные тела качения (ПТК), трение скольжения, КПД.

Аннотация. В данной работе, была поставлена задача: найти основную проблему, в передачах с ПТК, и рассмотреть способы ее решения.

Введение. В настоящее время одной из важнейших задач машиностроения, является поиск способов улучшения качества выпускаемой продукции и путей снижения затрат. Исследование передач с ПТК может быть актуальным по следующим причинам: оптимизация производства; улучшение производительности; устранение проблем и дефектов

Уникальные преимущества над традиционными передачами — передачи с ПТК способны передавать значительно более высокие нагрузки по сравнению с другими передачами, что делает их особенно полезными в инженерных системах, где требуется максимально эффективное использование объёмов и минимизация веса.

Обзор. Исследование передач с ПТК может быть целесообразным для улучшения производства, повышения производительности, изучения новых материалов и технологий, устранения проблем и дефектов, а также совершенствования конструкции передач.

В связи с этим, инженеры все чаще обращают внимание на передачи с ПТК. При одинаковых условиях данный вид передач, обладает рядом преимуществ, в сравнении с другими передачами. Передачи с ПТК используются в приводах перемешивающих устройств бурового раствора, запорной арматуры и других механизмах. Однако следует учесть, что данный вид передач ещё не так распространён, как другие типы передач, и могут иметь свои собственные ограничения и препятствия для внедрения в серийное производство. Развитие данного класса передач говорит о том, что этот вид передач будет играть все большую роль в будущих проектах запорной арматуры и перемешивающих устройств бурового раствора.

Таблица

Преимущества и недостатки передач с промежуточными телами качения

Преимущества	Недостатки
1. Малые габаритные размеры; 2. Большая нагрузочная способность; 3. Возможность самоустановки ведущего вала; 4. Малые потери мощности, что связано с заменой трения скольжения качением [1-2].	1. Трудность получения высокой точности и шероховатость поверхностей, сопряженных с телами качения [2]; 2. Более высокая стоимость по сравнению с обычными редукторами, связанная с их сложностью; 3. Сложность конструкции и большое число элементов, что усложняет проектирование и сборку.

Одним из самых важных достоинств передач с ПТК является замена трения скольжения качением. Это связано с тем, трение качения характеризуется меньшим сопротивлением и уменьшает энергетические затраты на перемещение объектов по поверхности, поскольку трение скольжения характеризуется большим сопротивлением к движению из-за контакта между слоями материалов.

Написано много работ по передачам с ПТК, в которых предложены методики геометрического синтеза или новые конструктивные решения. По принципу действия рассматриваемый вид передач можно разделить на две группы:

- передачи с роликовыми телами качения;
- передачи с «направляющими» для ПТК и валом создающим волновое движение промежуточных звеньев [1].

Далее будут рассмотрены несколько примеров улучшения характеристик передач с ПТК, при помощи снижения трения скольжения.

В статье Ефременко Е.А. [1] рассматривается проблема нагрева (до 100-120°C), вследствие возникновения трения скольжения под высокой нагрузкой, из-за чего реальный КПД передачи падает (теоретический 0,94, практический 0,8-0,85). Для решения проблемы предлагается передача с ПТК с разгруженным сепаратором. Ее особенность заключается в том, что ПТК находятся между профилями зубьев двух колес, внутри кулачка устанавливается подшипник. Такое конструкторское решение позволяет снизить скользящее движение, приводящее к преждевременному износу деталей и их нагреву. Эту передачу можно отнести ко второму типу. Получилось добиться снижения нагрева корпуса на 30°C и увеличение КПД одной ступени до 97%. Для определения КПД, применялась следующая формула:

$$\eta = 1 - \frac{R\mu}{M_d} \left(\frac{2}{Z_2 - 1} + 2 \frac{L_b \left(\frac{1}{Z_2} - \frac{2}{Z_2 + 1} \right) \frac{2}{r_{\text{тк}}}}{Z_2 - 1} \right),$$

где μ – коэффициент Пуассона; R – полная реакция на тело качения; L_b – расстояние от полюса зацепления до точки контакта тела качения с профилем колеса; M_d – крутящий момент на входном валу передачи; Z_2 – число промежуточных тел качения; $r_{\text{тк}}$ – радиус тела качения [1].

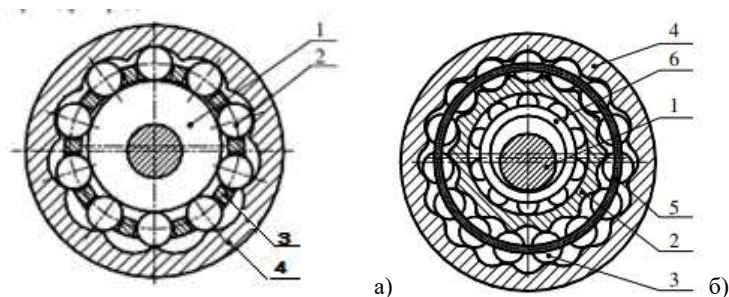


Рис. 1. а) поперечное сечение передачи с ПТК: 1) генератор, 2) промежуточные тела качения, 3) сепаратор, 4) венец; б) Поперечное сечение передачи с ПТК с разгруженным сепаратором: 1) генератор, 2) кулачок, 3) ПТК, 4) венец, 5) сепаратор, 6) подшипник [1].

Другое решение, было предложено Лустенковым М.Е. [2], это разработка методики расчета беговых дорожек для улучшения контакта промежуточных тел с поверхностью. Также было предложено использование вместо шариков ролики, так как, контактируя с тремя поверхностями составляющие ролика способны обеспечить качения без проскальзывания. В качестве объекта для исследования был выбран синусошариковый редуктор. Конструктивная особенность этой передачи, заключается в построении беговых дорожек, образованных двумя торцевыми кулачками, которые закреплены на общем основании. КПД полученной передачи составил 70% с учетом использования смазки в виде графито-масляной смеси. Использование роликов вместо шариков, позволило повысить КПД на 5~10%. Для определения КПД, применялась формула:

$$\eta = \frac{M_2 \omega_2}{M_2 \omega_2 + f \cdot n \times (N_1 v_{sk1} + N_2 v_{sk2} + N_3 v_{sk3}) + \delta \cdot \omega_n (N_1 + N_2 + N_3)}$$

где δ – коэффициент трения качения; ω_2 – угловая скорость выходного вала; M_2 – крутящий момент на выходном валу; n – число тел качения; N_1 – нормальные реакции взаимодействия тела качения с внутренним и внешним кулачками и сепаратором; f – коэффициент трения скольжения.

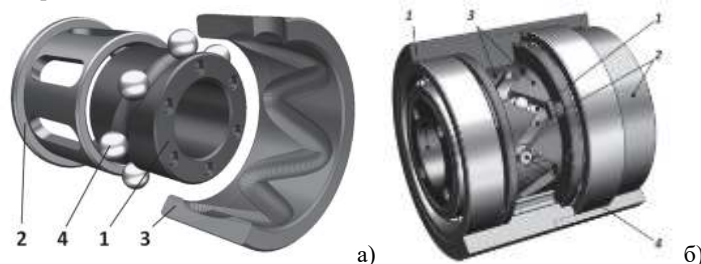


Рис. 2. а) основные детали одной секции синусошарикового редуктора: 1) внутренняя втулка; 2) сепаратор; 3) наружная втулка; 4) ПТК (шарики). б) детали зацепления и редуктор с составными роликовыми сателлитами и квазивинтовым профилем беговых дорожек: 1) внутренний кулачок; 2) сепаратор; 3) составной наружный кулачок; 4) ПТК (ролики) [2].

Полностью заменить трение скольжением качением невозможно, но решение этой проблемы актуально по следующим причинам: – высокий коэффициент трения может привести к износу поверхностей контакта и ускоренному износу подшипников; – экономия энергии и улучшение эффективности работы механических систем. Если отталкиваться только от КПД рассмотренных передач, то можно сделать вывод, что передачи с ПТК с разгруженным сепаратором лучше передач с составными роликовыми сателлитами и квазивинтовым профилем беговых дорожек.

Вывод. Были рассмотрены преимущества и недостатки передач с промежуточными телами качения, и приведены примеры улучшения технических характеристик передач. Также указаны причины, по которым исследования передач с ПТК актуальны. Кроме того, есть необходимость в совершенствовании передач данного вида, поскольку их внедрение в производство позволит увеличить производительность.

Литература

1. Ефременков Е. А. Разработка и проектирование передач с промежуточными телами качения нового вида // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2005. – Т. 308. – №. 1. – С. 131-135.
2. Лустенков М. Е., Сазонов И. С. Передача с промежуточными телами качения с квазивинтовой формой беговых дорожек. – 2013.
3. Черемнов А. В., Ан И., Ивкина О. П. Синтез пространственной передачи с промежуточными телами качения с улучшенными качественными характеристиками // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2012. – Т. 321. – №. 2. – С. 26-30.