

УДК 621.833; 621.817

Возможность использования торцевого зубчатого зацепления в передачах различной компоновки

А.А. Ревенский^{1*}

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, Чернышевского 15, Иркутск, Россия
Статья поступила 15.12.2011, принята 10.02.2012

Наиболее распространенным видом редуцирующих элементов в машинах и механизмах являются зубчатые передачи. Многообразие передач определяется, прежде всего, разнообразными методами их компоновки, формой взаимодействующих поверхностей и условиями работы. В данной статье рассмотрена возможность использования торцевого зубчатого зацепления в различных компоновочных схемах, применение передачи как аналога цевочного зацепления с возможностью внешнего и внутреннего расположения колес. Цель обзора показать, что торцевое зацепление можно использовать в передачах внешнего и внутреннего расположения колес, а так же как альтернативу цевочному зацеплению. В результате обзора приводимых данных делается вывод о возможности использования передач на базе торцевого зацепления в качестве альтернативы передачам с эвольвентным и циклоидальным зацеплением. Заключение о возможности использования строится на приводимых в статье достоинствах и недостатках каждой отдельно взятой компоновочной схемы. Описываются конструктивные схемы передач, показано как происходит передача движения между звеньями. Приводятся возможные формы зубьев, их поверхностей. В результате на основании приводимых данных делается вывод о целесообразности исследования торцевых передач и их различных компоновочных схем, так как они обладают рядом достоинств, которые неоспоримо ставят их выше ныне широко применяемых эвольвентных прямозубых, циклоидальных (цевочных) передач. Достоинства торцевых зацеплений позволяют использовать их в передачах с малыми требованиями по кинематической точности, передачах высоконагруженных редукторов с переменными по знаку нагрузками, в машинах и механизмах, которые требуют большего межремонтного цикла.

Ключевые слова: торцевое зацепление, внешнее зацепление, внутреннее зацепление.

Workability of end gearing in transmissions of different construction arrangement

А.А. Revenskiy^{1*}

¹Irkutsk State University of Railway Engineering, 15, Chernyshevskogo str., Irkutsk, Russia
Received 15.12.2011; Accepted 10.02.2012

The most widespread type of reducing elements in machines and mechanisms is a gear. First of all, the variety of transmissions is determined by various techniques for their construction arrangement, the form of interacting surfaces and working conditions. In the article under consideration the workability of end gearing in various layout diagrams and the application of a gear as a roller cogging analog enabling an external and internal cogwheels arrangement has been considered. The object of the survey is to demonstrate that an end gearing can be used in the transmissions of an external and internal cogwheels arrangement and as an alternative to a roller cogging as well. As a result of the produced data survey, the conclusion on the workability of transmissions on the basis of an end gearing as an alternative to ones with involute and cycloidal gearing has been made. The workability conclusion is based on the advantages and disadvantages of every particular layout diagram mentioned in the article. The transmission construction arrangements are described. It has been shown how inter-links translation of motion takes place. Possible cogs and surfaces forms are given. Based on the produced data, the conclusion on the research suitability of end gearing and their layout diagrams has been made as they indisputably have certain advantages over involute straight cut cycloidal (pin) gears. The advantages of end gearing make it possible to use them in the transmissions with low requirements as to kinematic accuracy, in the transmissions of high-loaded reduction gear with variable in sign loads, in machines and mechanisms which require a large interrepair cycle.

Keywords: end gearing, external gearing, internal gearing.

Эвольвентное зубчатое зацепление предполагает возможность использования его в различных компоновочных схемах – внешнее и внутреннее зацепление, – что существенно расширяет область применения. Известно техническое решение – торцевая зубчатая передача, позволяющая передавать значительные мощности и обеспечивать большее, по сравнению с эвольвентным

прямозубым зацеплением, передаточное число в одной ступени [7].

В статье [4, 7, 8 и др.] неоднократно рассматривались геометрические аспекты и характерные особенности, определяющие достоинства и недостатки данного вида передач в сравнении с эвольвентными, однако упоминалось и подлежало рассмотрению лишь одно конструктивное решение данной передачи – внутреннее зацепление двух торцевых колес. В данной статье

* E-mail address: vgozbenko@yandex.ru

приводится описание других компоновочных схем: внешнего зацепления и цевочного.

Конструктивная схема, согласно [1], выглядит следующим образом (рис. 1). Зубья колеса имеют профиль, ограниченный плоскостью, а зубья шестерни – круговой профиль, тогда как форма зуба – усеченный конус, цилиндр, бочкообразное тело.

Передача движения происходит по поверхностям зубьев шестерни 1 и колеса 2.

К неоспоримым достоинствам относятся простота изготовления, меньшая стоимость производства, высокая изгибная и контактная прочность, высокое передаточное отношение в одной ступени, достаточно высокий КПД зацепления (меньшее скольжение профилей), высокая степень ремонтопригодности и взаимозаменяемости.

Раскрывая некоторые недостатки, можно отметить, что данная передача требует относительно высокой точности при монтаже (как и эвольвентное зацепление) для сохранения линейного контакта профилей [5]. Однако, как показывают данные моделирования в пакете КОМПАС-3D, отклонения могут составлять $\pm 3\%$, и это не приведет к значительным потерям прочности, так как контакт будет происходить по некоторой площадке, располагающейся вдоль линии контакта идеально установленных колес.

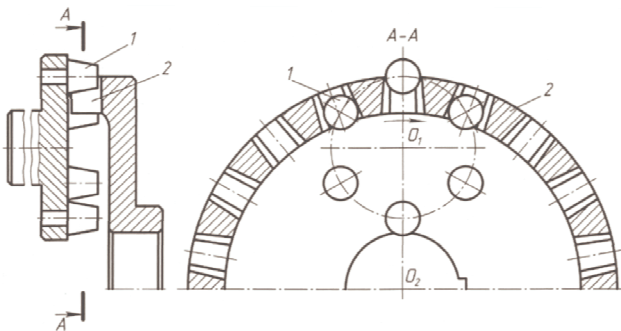


Рис. 1. Конструктивная схема торцевой зубчатой передачи внутреннего зацепления.

На рис. 2 представлена компоновочная схема, когда колеса имеют внешнее по отношению друг к другу расположение [3]. Такая компоновка позволяет расширить область применения торцевого зубчатого зацепления.

Достоинствами, отличающими данную конструкцию от прототипа внутреннего зацепления, являются: возможность отличной компоновки редуктора (большая разнесенность валов); возможность установки валов колес на две опоры, а не консольное закрепление одного и двухопорное – второго вала колеса. К этому добавляются аналогичные достоинства по сравнению с эвольвентным зацеплением: большая изгибная прочность, передаточное отношение в одной ступени и другие.

Недостатки такой компоновки, как и недостатки эвольвентного внешнего зацепления, следующие: большая скорость скольжения профилей (меньший КПД зацепления), меньший коэффициент перекрытия (меньшая плавность работы), больший износ профилей, увеличенные габариты (если требуется обратное),

необходимость увеличения числа зубьев шестерни для повышения плавности.

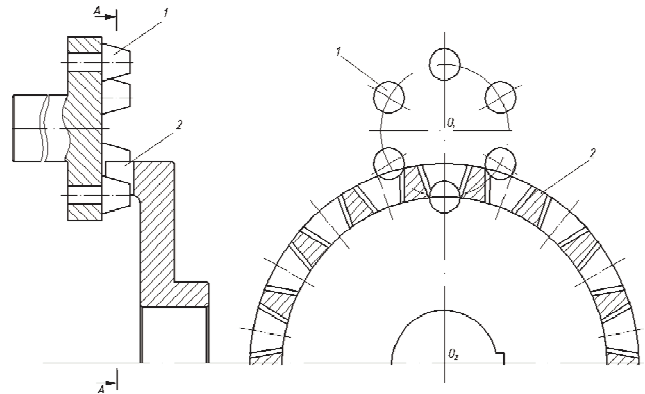


Рис. 2. Торцевая зубчатая передача внешнего зацепления.

Две представленные выше конструкции предполагают использование в качестве зуба шестерни таких тел качения, как усеченный конус, бочкообразный профиль, цилиндр с жестким креплением их в теле шестерни, однако возможно и закрепление, когда зуб имеет некоторую степень подвижности – возможность вращаться вокруг собственной оси [2].

Цель предлагаемого решения заключается в обеспечении возможности равномерного распределения износа рабочих поверхностей в непрерывном процессе работы передачи (без остановок на регламентное обслуживание).

Решение задачи заключается в том, что конструкционная посадка для размещения ножки зуба шестерни в гнезде ее венца назначается такая, что момент трения скольжения в кинематической паре «зуб шестерни – зуб колеса» незначительно (до 5 %) превосходит противоположный ему момент трения покоя в кинематической паре «ножка зуба шестерни – гнездо в ее венце». В этом случае при работе передачи обеспечено качение без скольжения в относительном движении зуба шестерни и зуба колеса, при котором выполняется условие равномерного распределения интенсивности износа их рабочих поверхностей.

Для снижения коэффициента трения в кинематической паре «ножка зуба шестерни – гнездо в ее венце» между боковой (рабочей) поверхностью ножки зуба и поверхностью гнезда размещается промежуточный слой металла, например, свинца, собственная пластичность которого превосходит пластичность материала зуба шестерни и ее венца. Создание этого слоя, выполняющего роль твердой «смазки», на боковой поверхности ножки зуба выполняется, например, путем плазменного напыления или гальванопокрытием.

Технический результат предлагаемого решения заключается в обеспечении возможности использования в процессе работы полного кругового профиля зуба шестерни в качестве рабочей поверхности, что позволит использовать круговой профиль целиком, увеличит межремонтный цикл, повысит долговечность и износостойкость передачи.

Кроме того, эта конструкция позволяет задуматься о создании передачи, схожей с цевочным зацеплением,

то есть, когда зуб шестерни – это ролик с возможностью вращения вокруг оси [6]. Схема зацепления цевочной торцевой передачи представлена на рис. 3.

Основным отличием от стандартного цевочного зацепления является то, что профиль зуба колеса является плоскостью. Это значительно упрощает изготовление и ремонт. Достоинствами данной конструкции, кроме приведенного выше, является меньший износ зубьев шестерни, так как касание происходит по выпуклой и плоской рабочей поверхностям (выше контактная прочность), а также по причине меньшей скорости вращения зубьев. Кроме того, сохраняются все достоинства цевочного зацепления. Имеется возможность создания торцевого цевочного зацепления с внешним расположением колес.

Таким образом, приведенные выше данные указывают на возможность использования торцевого зубчатого зацепления в передачах с различной компоновкой (внутреннее и внешнее зацепления), что позволит при дальнейшей проработке расширить область применения передач этого ряда.

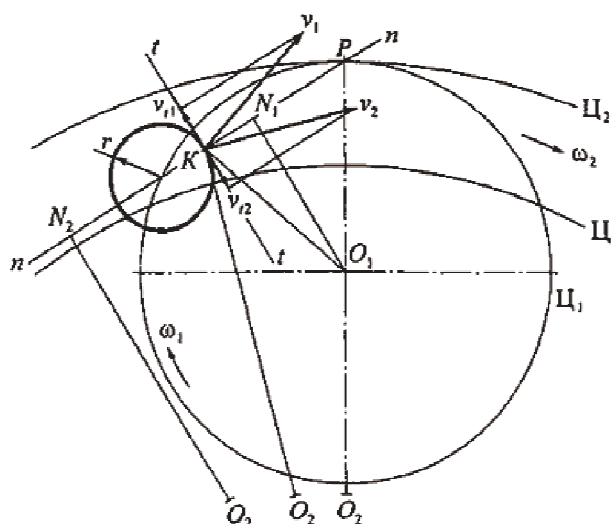


Рис. 3. Схема зацепления цевочной торцевой передачи.

Литература

1. Торцевая зубчатая передача с внутренним зацеплением: пат. 2354870 Рос. Федерация. № 2007144586/11; заявл. 04.12.07; опубл. 10.05.09, Бюл. 13. 4с.
2. Шестерня для торцевой зубчатой передачи с внутренним зацеплением: пат. 77374 Рос. Федерация. № 2008115572/22; заявл. 21.04.08; опубл. 20.10.08, Бюл. 29 3с.
3. Торцевая передача с внешним зацеплением зубчатых колес: пат. 96201 Рос. Федерация. № 2009149300/22 ; заявл. 29.12.09; опубл. 20.07.10, Бюл. 20. 4с.
4. Ревенский А.А. Торцевая зубчатая передача с внутренним зацеплением // XVI Туполевские чтения: материалы междунар. молодежн. науч. конф. Казань, 2008. С. 98-100.
5. Ревенский А.А., Гозбенко В.Е. Моделирование торцевой зубчатой передачи // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. № 3(31). С. 108-112.
6. Тупицын А.А., Каргапольцев С.К., Тупицын А.А. Торцевая цевочная передача // Проблемы механики современных машин: материалы 4-й междунар. конф. Улан-Удэ, 2009. Т. 2. С. 292-295.
7. Тупицын А.А., Ревенский А.А. Альтернативный вид зубчатого зацепления: свойства и характеристики // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2010. № 4 (28). С. 84-91.
8. Тупицын А.А., Тупицын А.А., Ревенский А.А. Исследование качественных показателей торцевой зубчатой передачи с внутренним зацеплением // Проблемы механики современных машин: материалы 4-й междунар. конф. Улан-Удэ, 2009. Т. 2. С. 286-291.

References

1. End gear with internal gearing: pat. 2354870 Ros. Federatsiya. № 2007144586/11; zayavl. 04.12.07; opubl. 10.05.09, Bul. 13. 4 s.
2. Cogwheel for end gear with internal gearing: pat. 77374 Ros. Federatsiya. № 2008115572/22; zayavl. 21.04.08; opubl. 20.10.08, Bul. 29 3 s.
3. End gear with external cogwheels gearing: pat. 96201 Ros. Federatsiya. № 2009149300/22; zayavl. 29.12.09; opubl. 20.07.10, Bul. 20. 4s.
4. Revenskiy A.A. End gear with internal gearing // XVI Tupolevskiy chteniye: materialy mezhdunar. molodezhn. nauch. konf. Kazan', 2008. S. 98-100.
5. Revenskiy A.A., Gozbenko V.E. End gear modeling // Sovremennye tekhnologii. Sistemny analiz. Modelirovanie. 2011. № 3(31). S. 108-112.
6. Tupitsyn A.A., Kargapol'tsev S.K., Tupitsyn A.A. End pin gear // Problemy mekhaniki sovremennykh mashin: materialy 4 mezhdunar. konf. Ulan-Ude, 2009. T. 2. S. 292-295.
7. Tupitsyn A.A., Revenskiy A.A. Alternative gear type: properties and characteristics // Sovremennye tekhnologii. Sistemny analiz. Modelirovanie. 2010. № 4 (28). S. 84-91.
8. Tupitsyn A.A., Tupitsyn A.A., Revenskiy A.A. Analysis of qualitative indicators of end gear with internal gearing // Problemy mekhaniki sovremennykh mashin: materialy 4 mezhdunar. konf. Ulan-Ude, 2009. T. 2. S. 286-291.