

УДК 621.83.06
ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЯ
БЕГОВЫХ ДОРОЖЕК РОЛИКОВОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ

А. П. ПРУДНИКОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Наряду с традиционным зубчатым зацеплением, имеющим многовековую историю развития, существует класс планетарных передач, использующих в зацеплении промежуточные тела качения.

Передачи с промежуточными телами качения (ППТК), обладая малыми габаритными размерами и низкой материалоемкостью, с успехом используются для создания средств малой механизации и малогабаритных силовых передач.

Отнесение данных передач к планетарному типу обусловлено подчинением их кинематики формуле Виллиса.

Широкое использование в промышленности ППТК длительное время сдерживалось технологической сложностью их производства. Однако наличие в настоящее время оборудования с ЧПУ позволило значительно упростить процесс изготовления данных передач, что дало импульс к их дальнейшему развитию и применению.

В данной работе в качестве объекта исследования был выбран вид ППТК, использующий в зацеплении между основными звеньями составные роликовые сателлиты, траектория движения которых расположена на цилиндрической поверхности (ППТК цилиндрического типа).

Перспективность применения данного типа передачи объясняется следующими ее преимуществами: малые габариты в радиальном направлении, соосность, наличие самоторможения, высокий коэффициент перекрытия, небольшой вес, возможность создания многоступенчатых конструкций, широкие кинематические возможности.

Исследуемая передача представлена на рис. 1.

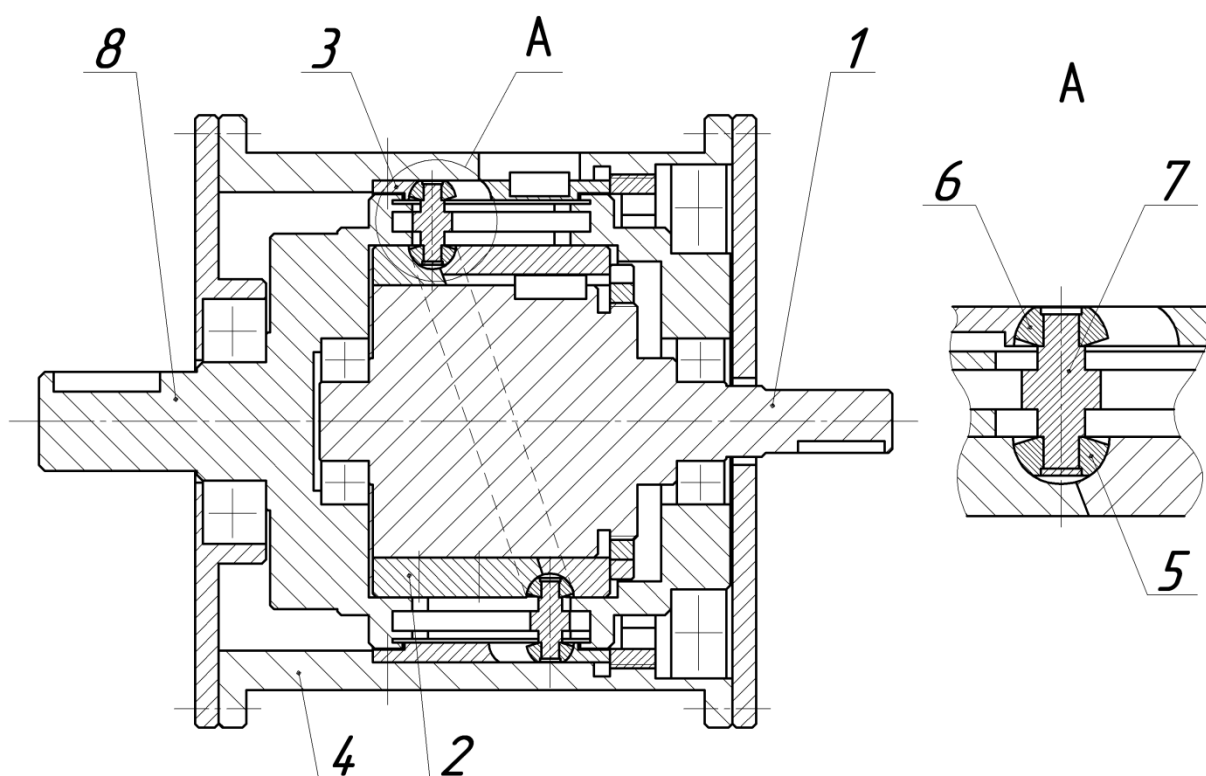


Рис. 1. Конструкция исследуемой ППТК

При вращении ведущего вала 1, с закрепленным на нем составным внутренним кулачком 2, на цилиндрической поверхности которого образована эллипсоидная беговая дорожка, составные роликовые сателлиты перемещаются по ней и по беговой дорожке, образованной периодической торцевой поверхностью составного наружного кулачка 3, зафиксированного в корпусе 4. Контакт роликовых сателлитов с составными (внутренним и наружным) кулачками осуществляется посредством подшипников скольжения 5 и 6 соответственно, имеющих полусферическую форму. Под действием сил со стороны составных внутреннего кулачка 2 и наружного кулачка 3, ролики 7, перемещаясь вдоль сквозных пазов ведомого вала 8, оказывают на него силовое воздействие, вынуждая ведомый вал 8 вращаться с уменьшенной угловой скоростью.

Торцевые поверхности внутреннего и наружного кулачков, образующие беговые дорожки, изготавливаются фрезерованием на станках с ЧПУ с помощью шаровых фрез. Вследствие этого, беговые дорожки имеют дуговой профиль, который позволяет компенсировать неточности изготовления и сборки составных внутреннего и наружного кулачков и увеличивает линию контакта подшипников скольжения с кулачками, что приводит к снижению контактных напряжений.

Недостатками дугового профиля беговых дорожек являются рассеивание усилий, передаваемых составными внутренним и наружным кулачками, а также наличие скоростей скольжения на линии контакта кулачков

и роликовых сателлитов, что приводит к повышенному износу деталей и снижению КПД передачи.

Целью данной работы являлось нахождение оптимальных значений радиуса шариковой фрезы r_f и радиуса цилиндрической поверхности R_T , на которой расположена траектория движения фрезы, которые, в свою очередь, определяют оптимальные геометрические параметры профиля беговых дорожек роликовой планетарной передачи (РПП), с точки зрения минимизации потерь мощности на трение при соблюдении ограничения по допускаемым контактным напряжениям в месте контакта подшипников скольжения и составных кулачков.

Для этого был выполнен кинематический анализ РПП, в ходе которого были выведены зависимости для определения угловых скоростей вращения подшипников скольжения и, соответственно, скоростей скольжения на линии контакта подшипников и составных кулачков.

Также был проведен силовой анализ передачи, в результате которого была получена зависимость для определения коэффициента перекрытия РПП и посредством метода кинестатики разработан алгоритм определения основных сил, действующих в зацеплении.

Зависимость для определения контактных напряжений в месте взаимодействия подшипников скольжения и составных кулачков была выведена путем преобразования формулы Герца.

Основываясь на полученных зависимостях, можно определить потери мощности в передаче на скольжение подшипников, контактирующих с беговыми дорожками

$$P_{\text{ттр}} = U \cdot v_{\text{ск1}} \cdot N_1 \cdot f + n_f \cdot v_{\text{ск3}} \cdot N_3 \cdot f, \quad (1)$$

где U – передаточное отношение РПП; $v_{\text{ск1}}$, $v_{\text{ск3}}$ – средняя скорость скольжения на линии контакта внутреннего и наружного кулачков соответственно, м/с; N_1 , N_3 – реакции, действующие на подшипники скольжения со стороны внутреннего и наружного кулачков соответственно, Н; f – коэффициент трения скольжения; n_f – средний за оборот ведомого вала коэффициент перекрытия РПП.

В качестве целевой функции при оптимизации геометрических параметров профиля беговых дорожек используем известное уравнение для определения КПД передачи, куда подставляем зависимость (1). Параметрами оптимизации являются r_f и R_T . При стремлении целевой функции к максимуму, при условии выполнения ограничения по допускаемым напряжениям, определяются оптимальные значения параметров оптимизации. Применение оптимальных значений r_f и R_T позволяет минимизировать скорости скольжения в месте контакта подшипников скольжения и составных кулачков, снизить рассеивание усилий, передаваемых составными кулачками, и уменьшить износ деталей передачи. Что, в свою очередь, приводит к повышению энергоэффективности, долговечности и надежности РПП.