

# ПЛАНЕТАРНЫЕ ПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ ЦИКЛОИДАЛЬНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Чавров Е.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИ ТПУ, ИШНПТ, А3-20,

e-mail: esc12@tpu.ru

Циклоидальное зацепление известно с давних времен. Такое зацепление образуется путем профилирования зубьев по участкам циклоид: эпициклоид и гипоциклоид. Эпициклоида образует наружный циклоидальный профиль, а гипоциклоида внутренний циклоидальный профиль (рис. 1).

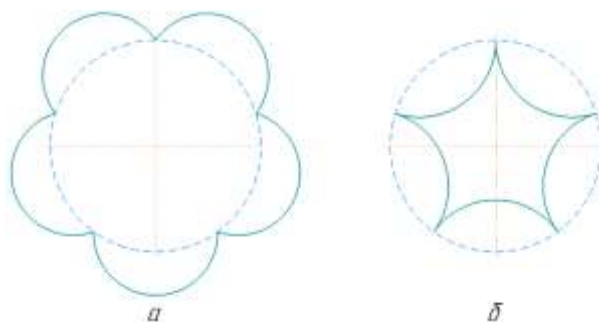


Рис. 1. Виды циклоид: а – эпициклоида; б – гипоциклоида

Первое упоминание о циклоиде датировано XVI веком [1]. Галилео Галилей, изучая траекторию точки катящейся окружности, построил циклоиду и предложил ее назвать так от греческого слова «циклос» – круглый. С того момента по настоящее время изучение применения циклоиды заметно продвинулось вплоть до появления множества механизмов, использующих циклоидальный профиль. На основе циклоидального профиля сформировано циклоидальное зацепление. В прошлом веке активно разрабатывались циклоидальные механизмы советскими и зарубежными учеными, при этом чаще всего планетарные, по следующим причинам: меньший габаритный осевой размер, многопарность зацепления и др. Изучив литературу [2–3] можно выделить следующие виды планетарных передач с циклоидальным зацеплением:

- планетарно-цевочные передачи;
- эксцентриково-циклоидальные передачи;
- передачи с промежуточными телами качения (ПТК);
- передачи с промежуточными телами качения и свободной обоймой (ПТКСО).

Наиболее перспективной из этих передач является передача с промежуточными телами качения и свободной обоймой (ПТКСО), так как она имеет комплекс преимуществ в сравнении с другими циклоидальными передачами. К таким преимуществам можно отнести: пониженное трение в зацеплении; высокую нагрузочную способность; повышенную надежность [4].

Передача с ПТКСО (рис. 2) работает следующим образом: вращение входного вала 1 сообщает кулачку 3 поступательное движение от эксцентрика. В свою очередь, профиль кулачка 3 вместе с профилем венца 6 создают клин, в который попадают тела качения 4. Тела качения 4, стараясь выйти из клина, начинают обкатываться по профилю венца 6, сообщая кулачку 3 и сепаратору 5 (вместе с телами качения 4) вращательное движение относительно собственных осей  $O_1$  и  $O_2$  соответственно. Таким образом, выходным звеном передачи с ПТКСО является кулачок 3, который совершает планетарное движение, вокруг своей оси  $O_1$ , а его центр – вокруг оси передачи  $O_3$  [4].

В передачах с ПТК слабым звеном является тонкостенный сепаратор, соединенный с выходным валом. Кроме того, под воздействием тел качения на пазы сепаратора увеличивается трение скольжения в зацеплении. Такой недостаток в передаче с ПТКСО компенсируется выделением сепаратора из передачи усилий.

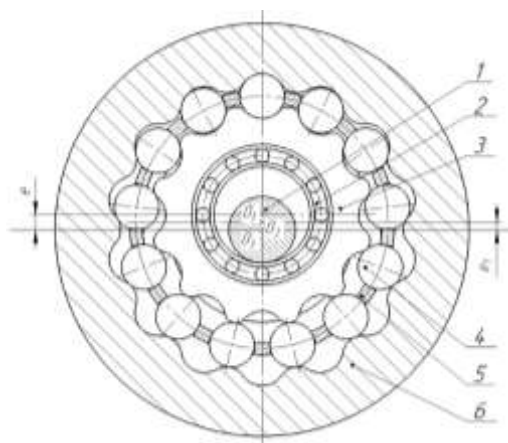


Рис. 2. Схема передачи с ПТКСО

Самым нагруженным звеном в передаче с ПТКСО является подшипник качения под сателлитом-кулачком. Для уменьшения усилия, действующего на подшипник качения, необходимо минимизировать усилия в зацеплении. В случае с однополюсной передачей (рис. 3, а) имеются ограничения по управлению параметрами, так как усилия  $F_i$  действуют по одной нормали. Двухполюсная передача (рис. 3, б) имеет в зацеплении разные по направлению усилия  $F_{1i}$  и  $F_{3i}$ , что расширяет технические возможности и позволяет подбирать оптимальные параметры передачи, способствующие уменьшению контактных напряжений в зацеплении и нагрузке на опору качения.

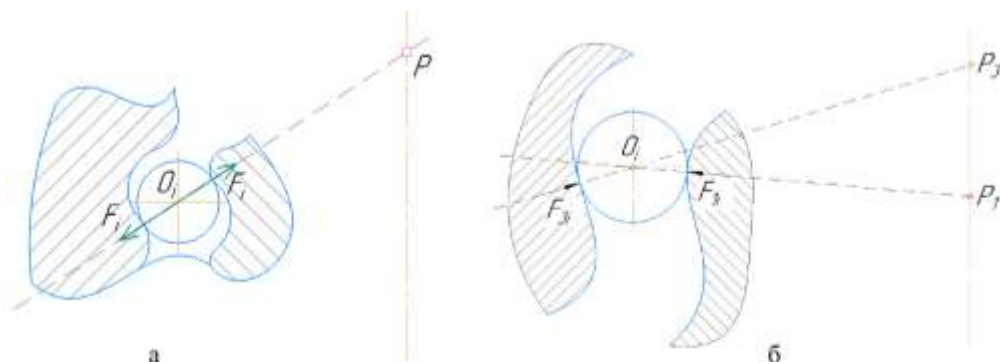


Рис. 3. Распределение усилий в зацеплении: а – однополюсной передачи; б – двухполюсной передачи

Рассмотренные виды циклоидальных механизмов подобны по следующим признакам: наличие эксцентрика, выполняющего функцию водила; являются планетарными; присутствует многопарность зацепления. Но каждая из них имеет определенные преимущества и недостатки. Для совершенствования таких механизмов требуется проводить углубленные исследования в области: КПД; усилий и контактных напряжений в зацеплении; смазочных материалов; материалов, из которых изготовлены детали таких передач.

### Список литературы

1. Гиндикин С.Г. Рассказы о физиках и математиках / С.Г. Гиндикин. – 3-е изд., расширенное. – Москва: МЦНМО, 2001. – 448 с.
2. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений / Ф.Л. Литвин. – Издание второе, переработанное и дополненное. – Москва: Издательство «Наука», 1968. – 585 с.
3. Фомин М.В. Планетарно-цветочные передачи : учебное пособие. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 64 с.
4. Ефременков Е.А., Ефременкова С.К., Пашков Е.Н. Проектирование циклоидальных механических передач с промежуточными телами качения и свободной обоймой. – Томск: ТПУ, 2022. – 90 с.