

УДК 621.83.06

РЕЗЕРВЫ РАЗВИТИЯ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

А. П. ПРУДНИКОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Двигатели с целью уменьшения их габаритных размеров и себестоимости выполняются быстроходными, соответственно, механические передачи служат для согласования режима работы двигателя с параметрами работы рабочего органа механизма. Механические передачи делятся на фрикционные и передачи зацеплением (зубчатые, червячные, цепные, винт – гайка и т. д.).

Фрикционные передачи получили распространение в качестве кинематических передач, поскольку их недостатком являются значительные нагрузки на валы и подшипники (превышающие по величине передаваемое полезное усилие). Соответственно, в качестве силовых в основном применяют передачи зацеплением.

Передачи зацеплением имеют длительную историю развития и к настоящему времени широко исследованы. Однако появление современных САД-, САМ-, САЕ-систем, аддитивных технологий, многокоординатных обрабатывающих центров с ЧПУ, обеспечивающих получение рабочих поверхностей любой степени сложности, позволяет выявить скрытые резервы существующих механических передач и разработать новые кинематические схемы передач.

На кафедре «Основы проектирования машин» развивается научная школа по разработке передач с промежуточными телами качения, область применения которых сформировалась вокруг создания компактных приводных систем, буровой техники, средств малой механизации (ключи, лебедки), мехатронных модулей и т. д. Указанная сфера применения передач с промежуточными телами качения обусловлена их следующими преимуществами: малые габаритные размеры, высокая нагрузочная способность, широкий диапазон реализуемых передаточных отношений [1]. Недостатком передач с промежуточными телами качения являлся невысокий КПД (несмотря на замену трения скольжения на трение качения в зацеплении), вызванный возникающим перекосом составных роликов вследствие неизбежных зазоров в зацеплении, вызванных погрешностями изготовления и сборки.

Способом решения проблемы с перекосом роликов является фиксированное расположение промежуточных тел качения, т. е. когда тела качения образуют с ведомым валом не поступательную кинематическую пару, а вращательную. При реализации этого способа необходимо сохранить вышеописанные преимущества передач с промежуточными телами качения.

В [2] предложена конструкция передачи, в которой ролики зафиксированы на ведомом валу от радиального и осевого перемещения, образуя с ведомым валом вращательную кинематическую пару. Принцип действия передачи, представленной на рис. 1, заключается в том, что вращение ведущего вала с

однопериодной беговой дорожкой 1, с которой взаимодействует составной ролик 4, вынуждает ролик совершать колебательные движения. В то же время ролик взаимодействует с неподвижной многопериодной беговой дорожкой 3. В качестве образующей при создании беговых дорожек используется синусоида. Созданные наложенные связи вынуждают ведомый вал 2, в котором закреплен ролик, вращаться с уменьшенной угловой скоростью. Беговые дорожки могут быть выполнены как на цилиндрической, так и плоской поверхностях, т. е. передача с промежуточными телами качения может иметь радиальную и цилиндрическую компоновки. На рис. 1 приведены кинематические схемы передач с фиксированным расположением промежуточных тел качения, совершающих колебательные движения: радиальная компоновка (беговые дорожки выполнены на плоских поверхностях) и цилиндрическая компоновка (беговые дорожки выполнены на цилиндрических поверхностях).

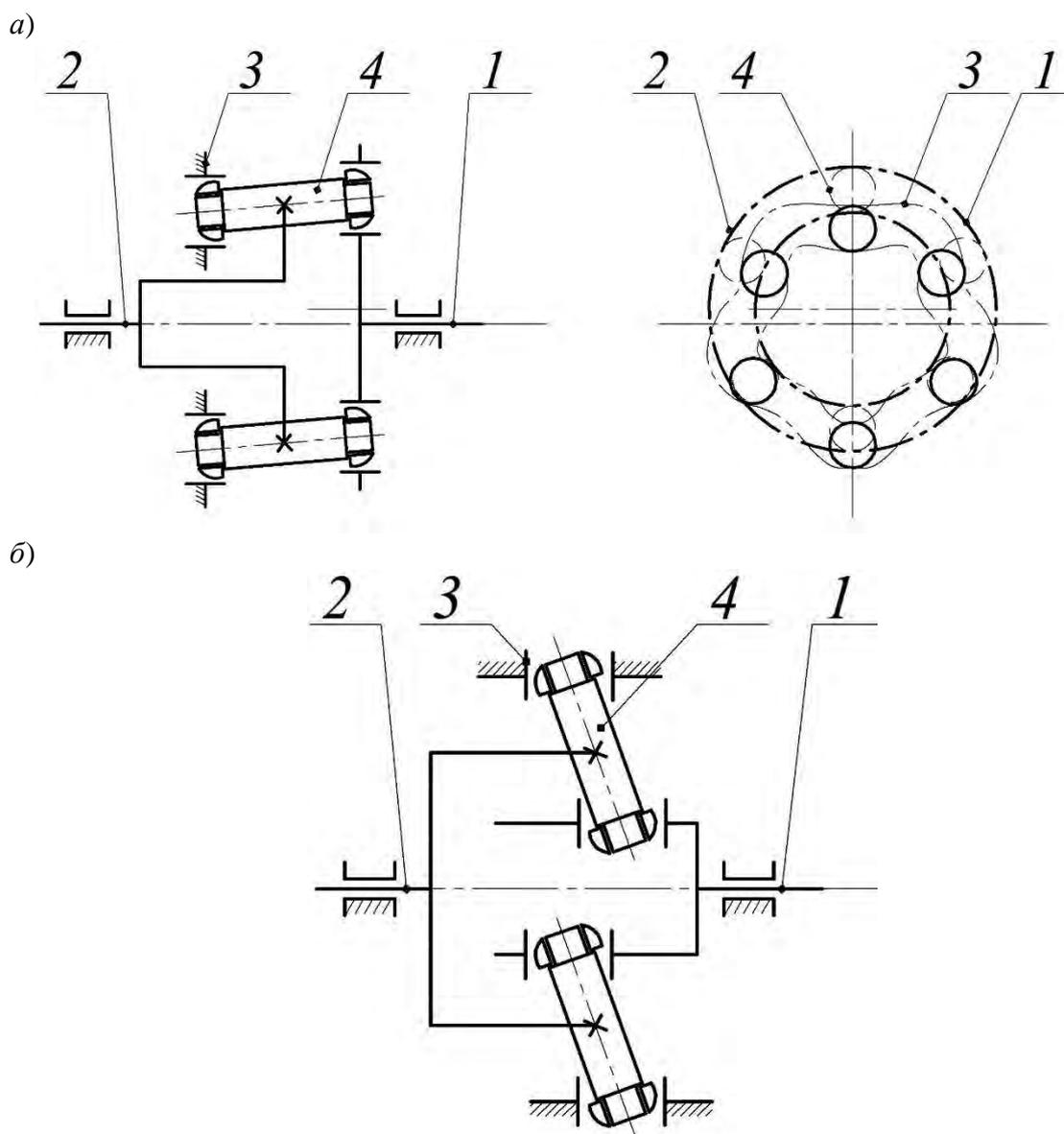


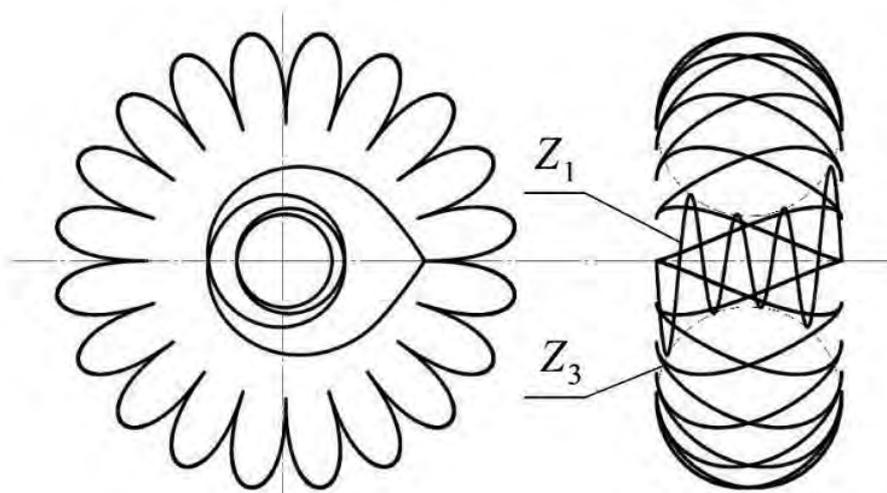
Рис. 1. Кинематические схемы передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения: *а* – радиальная компоновка; *б* – цилиндрическая компоновка

Предложенный вариант конструкции передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения, совершающих колебательные движения, при сохранении малых габаритных размеров имеет диапазон передаточных отношений от 1 до 12.

Для расширения диапазона передаточных отношений была предложена конструкция планетарной торовой передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения (составных роликов) [3].

На ведущем звене на торовой поверхности выполнена незамкнутая беговая дорожка, которая имеет целое число витков Z_1 (на рис. 2, а: $Z_1 = 4$; на рис. 2, б: $Z_1 = 2$). На заторможенном звене выполнены незамкнутые беговые дорожки количеством Z_3 , расположенные с равным угловым шагом (на рис. 2, а: $Z_3 = 20$; на рис. 2, б: $Z_3 = 10$). Беговая дорожка на ведущем звене соединяется своими концами с концами соседних беговых дорожек на заторможенном звене, образуя в результате замкнутую беговую дорожку. В качестве образующей при создании беговых дорожек используется архимедова спираль.

а)



б)

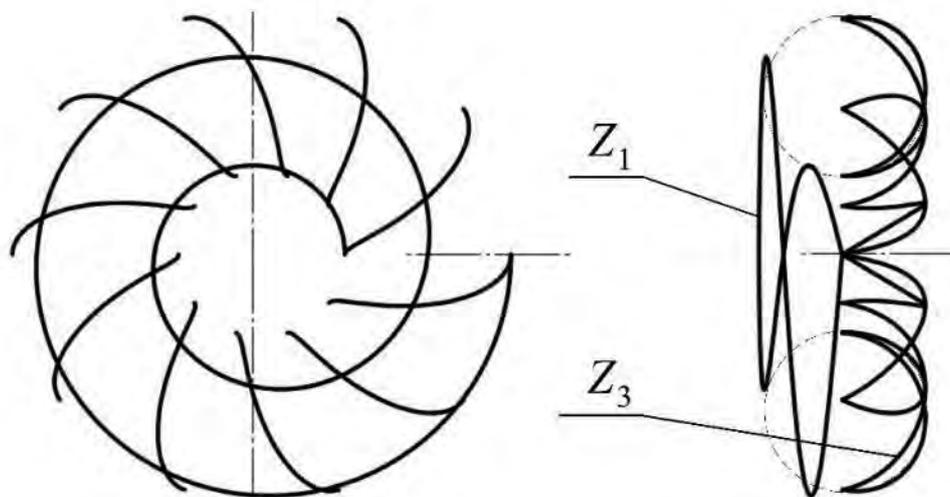


Рис. 2. Кривые, образующие беговые дорожки: а – цилиндрическая компоновка передачи; б – радиальная компоновка передачи

Промежуточные тела качения (составные ролики) зафиксированы на ведомом звене и взаимодействуют одновременно с беговыми дорожками на ведущем и заторможенном звеньях. Вращение ведущего звена вынуждает поворачиваться составной ролик, который, в свою очередь, вследствие наложенных связей вращает ведомый вал с редукцией.

В зависимости от расположения рабочей поверхности с беговой дорожкой ведущего и заторможенного звеньев передача может иметь цилиндрическую и радиальную компоновки.

Предложенная конструкция передачи имеет широкий диапазон передаточных отношений от 4 до 100 при сохранении малых габаритных размеров.

Следующим направлением совершенствования передачи с промежуточными телами качения стало уменьшение числа звеньев, что неминуемо приводит к повышению ее технических характеристик.

На рис. 3 приведена конструкция плоской винтовой передачи с параллельным расположением осей валов [4].

На плоской (торцевой) поверхности ведущего звена 1 выполнена беговая дорожка 4, образующей для которой является винтовая линия (модифицированная архимедова спираль). На колесе 2 с равным угловым шагом расположены составные ролики 3. При вращении ведущего звена ролик, взаимодействуя с беговой дорожкой, вынуждает колесо вращаться с редукцией.

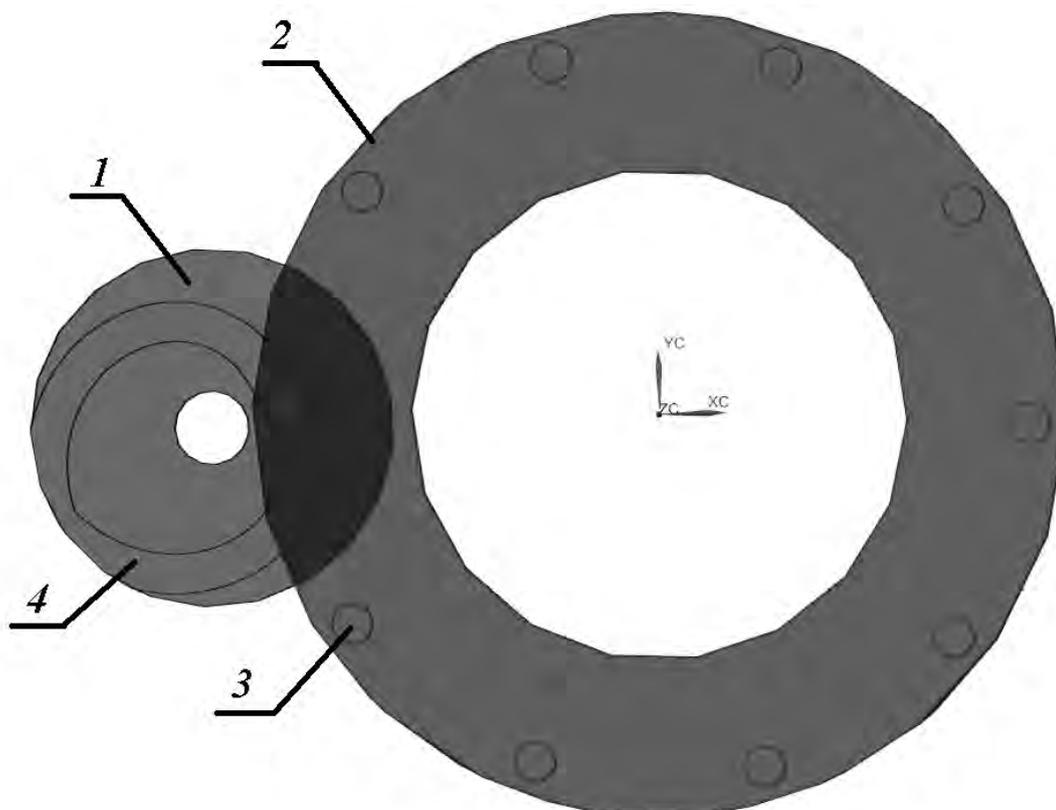


Рис. 3. Конструкция плоской винтовой передачи с фиксированным расположением составных роликов с параллельным расположением валов: 1 – шестерня с беговой дорожкой 4; 2 – колесо с составными роликами 3

Представленные этапы эволюции передач с промежуточными телами качения подтверждают наличие скрытых резервов развития существующих механических передач, которые позволяют раскрывать междисциплинарный подход и развитие промышленных технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сазонов, И. С.** Повышение нагрузочной способности и КПД кулачково-роликовых передач: монография / И. С. Сазонов, М. Е. Лустенков, А. П. Прудников. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – 163 с. : ил.
2. **Прудников, А. П.** Передача с фиксированным расположением промежуточных тел качения / А. П. Прудников // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2019. – № 3 (64). – С. 75–83.
3. **Prudnikov, A. P.** Planetary torus helical transmission / A. P. Prudnikov // International Conference on Mechanical Engineering and Modern Technologies. – 2020. – Vol. 795. – P. 1–6.
4. **Прудников, А. П.** Винтовые передачи с фиксированными промежуточными телами качения / А. П. Прудников // Актуальные вопросы машиноведения. – Минск : ОИМ НАН Беларуси, 2024. – Вып. 13. – С. 213–216.