

УДК 621.833

## КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА С ПЕРЕМЕННЫМ ШАГОМ

В. В. Иванов<sup>1</sup>, А. В. Коноплев<sup>2</sup>

*Предложена оригинальная конструкция зубчатого колеса. Дан анализ характера поиска решений на базе когнитивных моделей. Показано как меняются когнитивные модели на разных стадиях проектирования. Указан путь создания оригинальной конструкции вариатора.*

**Ключевые слова:** — Конструкция зубчатого колеса — Когнитивная модель — Вариатор — Метод трансформации моделей

Механические вариаторы по сравнению с зубчатыми передачами имеют большие габаритные размеры и массу, более низкие КПД и жесткость передаточного отношения. Ведутся поиски конструкции вариатора передающего нагрузку зацеплением. Существуют только два типа таких вариаторов: пластинчатые и с деформируемыми секторами. В связи с этим актуальным является синтез конструкции вариатора с зубчатым зацеплением, который по своим основным показателям был бы близок к зубчатой передаче с постоянным передаточным отношением.

Поиск новых конструкций вариаторов является благодатной почвой для изучения методов проектирования традиционных для машиностроения и новых методов, заимствованных из компьютерных наук и управления проектами. Решение задач проектирования имеет различные аспекты и изучается различными научными направлениями: психологией творчества, психологией взаимоотношений команды проекта, инжинирингом проектов, САПР, кибернетика и методах управления знаниями. С учетом специфики задач решаемых в машиностроении психологические аспекты творчества, и взаимоотношений команды проекта интегрировано рассматриваются в эвристических методах проектирования [1, 9-12]. Инжиниринг проекта включает в себя формирование команды проекта, организацию проектирования (включая выбор методов проектирования), выбор САПР (включая организацию работы с САПР и необходимое обучение членов команды проекта) [2,3, 7-8].

<sup>1</sup> © Иванов В.В. к.т.н., доцент, кафедра «МиДМ», ОНПУ

<sup>2</sup> © Коноплев А.В. д.т.н., проф. кафедра «ТММиДМ», ОНМУ

Кибернетические подходы к решению задач проектирования широко используются в компьютерных науках, а в машиностроении лишь на уровне идей, без необходимой формализации [4]. Методы управления знаниями, являются частью кибернетических подходов по созданию искусственного интеллекта. Однако применительно к задачам проектирования машиностроительных конструкций методы управления знаниями могут считаться более общими, чем кибернетические, так как рассматривают не только вопросы творчества, но и организацию обмена знаниями в команде проекта.

Целью статьи является исследование творческой работы проектировщика в процессе создания новой конструкции вариатора. Основой такого вариатора является зубчатое колесо, которое должно иметь переменный шаг зубьев. Так как рассматривается работа одного проектировщика на начальных стадиях проектирования, то наиболее важными являются вопросы использования методов управления знаниями и эвристических методов проектирования. Рассмотрим шаг за шагом вопросы, рассматриваемые на стадиях техническое предложение и эскизный проект, в рамках которых принимаются основные творческие решения.

Первоначально проектировщик создает семантическую модель для анализа места зубчатого вариатора среди других типов вариаторов. Такое моделирование соответствует стадии техническое предложение. Для решения подобной задачи целесообразно использовать эвристический метод активизации творческой деятельности [5]. В данном случае двумя надклассами признаков передача и вариатор, подклассами виды передач и вариаторов (Рис.1).

<b>ПЕРЕДАЧА</b>	<b>ОТНОШЕНИЕ</b>	<b>ВАРИАТОР</b>
Фрикционная передача	Соответствует	Фрикционная
Клиноременная передача	Соответствует	Клиноременная
Цепная передача	Соответствует	Цепная
Зубчатая передача	Не соответствует	<b>???</b>

Рис. 1. Семантическая модель отношений надклассов ПЕРЕДАЧА-ВАРИАТОР

Надмножество и подмножество связаны отношением АКО. Виды передач и вариаторов связаны атрибутивными связями. Фрикционной, цепной и

Клиноременной передачам соответствуют – фрикционный, цепной и клиноременной вариаторы. Этим связям соответствует класс существующих технических решений. Зубчатая передача существует, зубчатый вариатор нет. Таким образом, есть техническое решение, которое может быть реализовано, но, в настоящий момент, не реализовано на практике. Поиск конструкции реализующей данное сочетание продолжим на стадии эскизный проект.

Для реализации зубчатого вариатора необходимо зубчатое колесо с плавно изменяющимся количеством зубьев. Это возможно при переменном шаге между зубьями. Для поиска такой конструкции проектировщик создает семантическую модель отображающую колесо с переменным шагом. Коэффициент перекрытия прямозубого колеса больше единицы, но меньше двух, следовательно, в зацеплении находится не более двух пар зубьев. Тогда концептами являются зубья 1 и 2 шестерни, находящиеся в зацеплении с зубьями 1' и 2' колеса, ось шестерни и ось колеса соединяют их с зубьями 1 и 2. А также концептами являются зубья 3 и 3', которые должны войти в зацепление. Введем в сеть качестве концепта шаг между зубьями. Ось связана атрибутивным отношением с зубьями 1,2 и 3, зубья 1,2 и 1' и 2' связаны функциональной связью. Шаг связан с зубьями количественной связью (равный) (Рис.2).

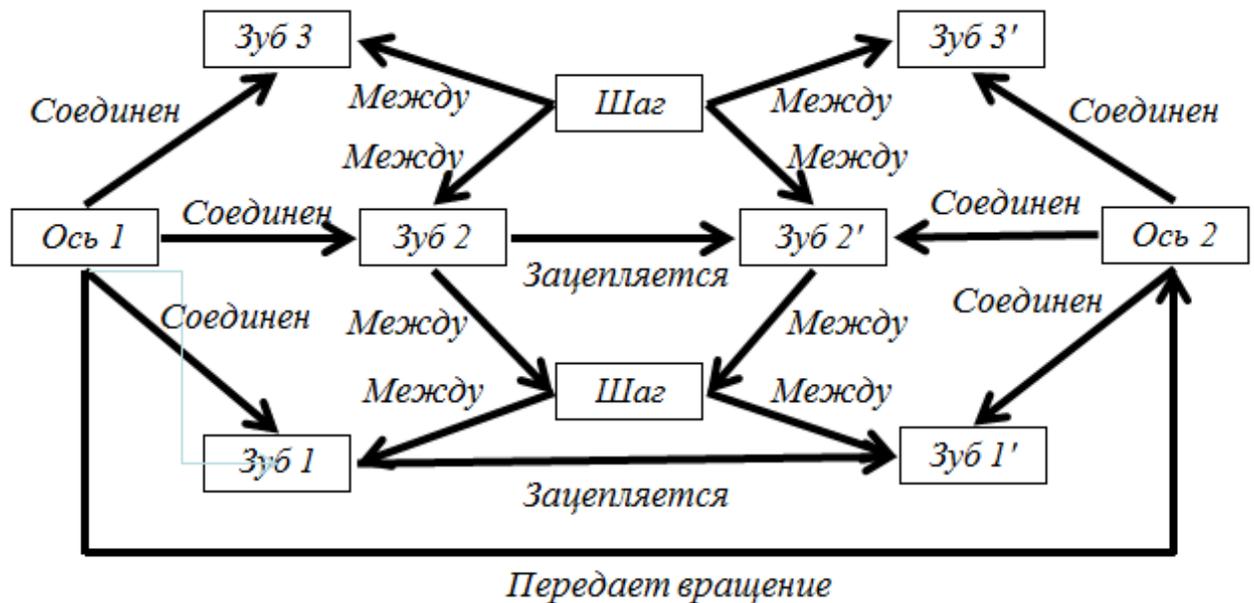


Рис. 2. Семантическая модель зубчатого колеса

Поиск новых конструкций, можно представить как набор когнитивных моделей, которые широко используются в методах управления знаниями. Создана когнитивная модель зубчатой передачи, включающая:  $A_1$  и  $A_2$  оси шестерни и колеса; три пары зубьев –  $Z_2$  и  $Z_2'$  зубья находящиеся в зацеплении;

$Z_1$  и  $Z_1'$  зубья, которые должны войти в контакт;  $Z_3$  и  $Z_3'$  зубья, которые вышли из зацепления. Ребрами соединим узлы соответствующие зубьям с узлами соответствующими осям колес (Рис.3).

Выполним преобразование модели с использованием метода трансформации моделей [4-6]. Упростим модель, так как нас интересует не передача, а именно зубчатое колесо 2. Введем в модель новые узлы  $t$ , которые реализуют свойство – расстояние между зубьями равно шагу. Соединим узлы  $Z_1, Z_2, Z_3$  ребрами с узлами  $t$  (Табл. 1).

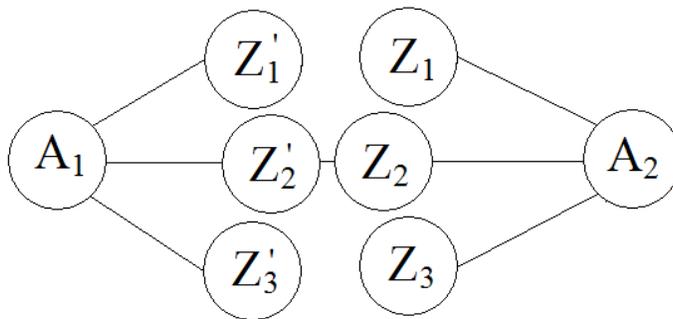


Рис. 3. Когнитивная модель зубчатого колеса

Функционирование зубчатого зацепления обеспечивают зуб, находящийся в зацеплении и зуб, входящий в зацепление, зуб, вышедший из зацепления, выполнил свою функцию и до входа в зону зацепления следующий раз его месторасположение роли не играет.

Таблица 1

Метод трансформации моделей.

Упрощенная модель передачи	Модель с узлами $t$ ,	Модель зубчатого сектора, заменяющего колесо

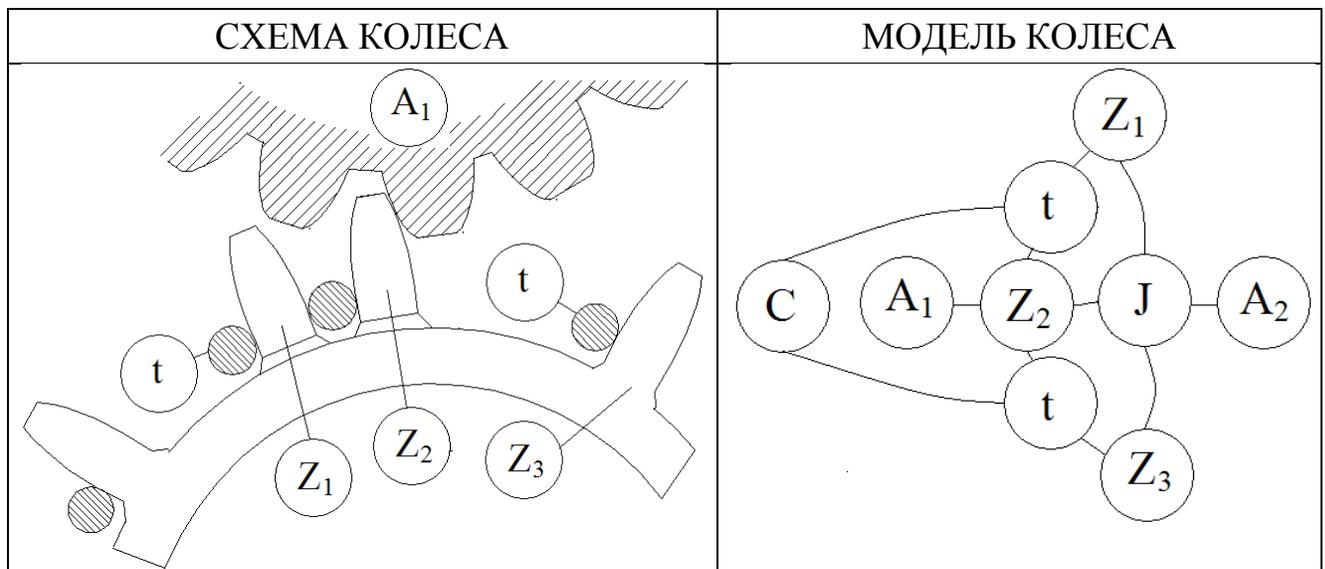
Трансформіруємо модель ще раз. Змінюючи величину шага  $t$ , ми отримаємо зубчасте колесо з змінним кроком, і змінним числом зубів, в тому числі і дробним. Взаємне розташування зуба, що входить в зацеплення, і зуба, що знаходиться в зацепленні, може бути задано за допомогою цевки. Тобто вузлу  $t$  відповідає нова деталь цевки, діаметр якої визначає величину шага  $t$ . Цевка має конічну форму, що дозволяє плавно змінювати крок в зацепленні.

Вузел  $C$  забезпечує регулювання кроку  $t$ . Так як місце розташування зуба, що вийшов з зацеплення, ролі не грає, то в той час як сектор, складений з двох зубів, знаходиться в зацепленні з колесом, третій зуб повертається до тих пор, поки зуб не займе положення перед входом в зацеплення. Тобто поки цевка не упреться в зуб, що знаходиться в зацепленні.

Граф колеса, з змінним числом зубів, включає вузол  $J$ , зв'язаний з зубами і осью колеса. Конструктивно вузол  $J$  це механізм, що з'єднує зуби, що знаходяться під навантаженням з вихідним валом і змушує ненавантажені зуби вращатися з кутовою швидкістю більшою, ніж швидкість обертання вихідного вала. Вузел  $C$  забезпечує регулювання кроку  $t$  (Табл. 2).

Таблиця 2

Зубчасте колесо з змінним кроком і його когнітивна модель



В результаті проведених досліджень зроблені наступні **висновки**.

1. На етапі технічного пропозиції цілорозумно використовувати семантичні моделі аналогів. При проектуванні варіаторів це можуть бути семантичні моделі варіаторів і входять в них передач.
2. На етапі ескізного проекту цілорозумно переходити від семантичних до когнітивних моделей. Проводячи операції над когнітивними моделями

проектировщик может прийти к оригинальным конструктивным решениям.

3. Для создания зубчатого вариатора необходимо зубчатое колесо с переменным (плавно изменяющимся шагом), а также соединяющий зубья, находящиеся под нагрузкой с выходным валом и заставляющий ненагруженные зубья вращаться с угловой скоростью большей, чем скорость вращения выходного вала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Шахов, А.В.** Проектирование жизненного цикла ремонтпригодных технических систем. - Одесса: Феникс, 2005 –164 с.
2. **Иванов, В.В.**, Обобщенный метод активизации творческой деятельности. Научно-производственный журнал «Проблемы техники» Одесского национального морского университета, Хмельницкого национального университета. - 2011 - № 1. - С. 48-56.
3. **Иванов, В.В.; Харсун А.М.** Эвристические методы при проектировании машин. Научно-производственный журнал «Проблемы техники» Одесского национального морского университета. - 2010 - № 1. - С. 49-58.
4. **Дашенко, А.Ф.; Иванов В.В.** Трансформация конструкции машин с использованием метода графов. Сборник научных работ «Теория и практика процессов подріблення, розділення, змішування і ущільнення». - 2008. - Вип. 13. - С. 34-43.
5. **Иванов, В.В.** Эвристические модели в машиностроении / В.В. Иванов. — Одесса: Наука і Техніка, 2012. — 234с.
6. **Иванов, В. В.; Мотулько, Б. В.; Харсун, А. М.** Автоматизация проектирования механических приводов. Одесса: АО Бахва, 2003, 135.
7. **Иванов, В. В.**, Управление проектами обратного инжиниринга. Вісник Національного технічного університету ХП. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами, 2015, 1: 122-127.
8. **Иванов, В. В.; Иванова, С. В.** Распределение ролей членов команды проекта, с учетом их психотипов, при использовании эвристических методов. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології, 2015, 5: 125-136.
9. **Иванов, В. В.** Обобщенные эвристические методы проектирования. In: Сборник материалов X Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании. 2014. р. 6-13.
10. **Иванов, В. В.; Мотулько, Б. В.; Харсун, А. М.** Проектування деталей машин з використанням AutoCAD. Издательство АО БАХВА, 2004.
11. **Ivanov, V.; Karaivanov, D.; Chumachenko, I.** Study of the geometry of rack train of a shearer loader's haulage system. In: The International Conference Mechanical Engineering in XXI Century PROCEEDINGS. 2010. p. 25-26.
12. **Иванов, В. В.** Эвристические аспекты в управлении проектами. In: Управління проектами у розвитку суспільства. КНУБА, 2014. р. 79-82.