**МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ ТРАНСМИССИЯ С УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И РАСШИРЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

*Потрепко И.П.*

*курсант 1-го курса УО «БГАА»*

*Николаенко В.Л.*

*Научный руководитель*

*Доцент кафедры «Естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин», БГАА*

*Микулик Т.Н.*

*Преподаватель*

*БНТУ, кандидат технических наук, доцент кафедры «ТМиММ»*

**UPGRADED PLANETARY TRANSMISSION WITH IMPROVED CONTROL AND EXPANDED CAPABILITIES**

*Potrepko I.*

*Cadet of the 1st year, Belarusian State Aviation Academy (BSAA).*

*Nikolaenko V.*

*Scientific Advisor*

*Associate Professor of the Department of "Natural Sciences and General Professional Disciplines", BGAA*

*Mikulik T.*

*Lecturer, PhD, Associate Professor of the Department of "Transport Machines and Machine Mechanics", Belarusian National Technical University (BNTU).*

 АННОТАЦИЯ

 В работе описана модернизированная планетарная коробка передач, предназначенная для использования в транспортных средствах. Конструкция включает усовершенствованную систему управления с двумя тормозными механизмами, двумя муфтами и специализированным переключающим устройством, интегрированным с валом и центральным зубчатым колесом. Данные решения направлены на увеличение диапазона передаточных чисел, повышение надёжности и снижение механических потерь. Усовершенствованная система управления обеспечивает плавное переключение передач, что способствует оптимизации работы трансмиссии и продлению её срока службы.

 ABSTRACT

 The paper describes a modernized planetary gearbox designed for use in vehicles. The design includes an improved control system with two brake mechanisms, two clutches, and a specialized switching device integrated with the shaft and central gear. These solutions are aimed at increasing the range of gear ratios, increasing reliability, and reducing mechanical losses. The improved control system ensures smooth gear shifting, which helps optimize the operation of the transmission and extend its service life.

 Ключевые слова: планетарная коробка передач, инновационный дизайн, трансмиссия транспортных средств, передаточные числа, надежность, экономичность.

 Keywords: planetary gearbox, innovative design, vehicle transmission, gear ratios, reliability, efficiency.

 Введение:

 Планетарные коробки передач широко используются в транспортных средствах благодаря эффективному распределению крутящего момента. Однако современные требования к трансмиссиям, включая повышение скорости, надёжности и универсальности, обусловили необходимость модернизации данных механизмов. Представленная в исследовании новая конструкция планетарной коробки передач решает эти задачи за счёт оптимизированной конструкции и расширенного диапазона передаточных чисел.

Ключевые элементы разработки:

1. Входной и выходной валы, интегрированные с основным механизмом, обеспечивают передачу крутящего момента на колёса.
2. Двухкомпонентный планетарный механизм с наружной (зубчатой) и внутренней коронными шестернями, синхронизированными с центральным колесом, что минимизирует потери мощности.
3. Синхронизированная система из водила, солнечной шестерни и центрального колеса, гарантирующая плавность переключения.
4. Три фрикционных устройства, которые отвечают за переключение передач, создавая сцепление между различными элементами механизма.
5. Два управляемых тормоза и две муфты, повышающие гибкость управления и обеспечивающие бесшовные переходы между передачами.
6. Переключающее устройство, интегрированное между главным валом и центральным колесом, что усиливает управляемость и надёжность коробки.

 Схема, приведенная в описании изобретения, иллюстрирует ключевые компоненты и их взаимосвязь в разработанной планетарной коробке передач. Разберем её более детально, чтобы понять, как взаимодействуют основные элементы конструкции и какую роль выполняет каждый из них.

 Описание элементов схемы и их функций

﻿﻿﻿ 1. Входной вал (1) — это главный элемент, через который подается крутящий момент от двигателя к коробке передач. Входной вал соединен с муфтами и другими элементами, которые распределяют усилие на планетарный механизм.

﻿﻿﻿ 2. Выходной вал (2) — элемент, через который передается крутящий момент от коробки передач к колесам или другим системам транспортного средства. Схема демонстрирует, как выходной вал может переключаться между различными передаточными числами для достижения нужного крутящего момента и скорости.

﻿﻿﻿ 3. Планетарный механизм (3) — это центральная часть коробки передач, содержащая солнечную шестерню, планетарные шестерни и водило. Планетарный механизм обеспечивает передачу крутящего момента и управление переключением передач, что позволяет достигать высокого диапазона скоростей и моментов.

 4. Коронная шестерня с наружными зубьями (4) и внутренними зубьями (5) - коронные шестерни являются неотъемлемой частью планетарного механизма. Коронные шестерни взаимодействуют с планетарными шестернями и водилом, обеспечивая распределение крутящего момента в зависимости от выбранной передачи.

 5. Фрикционные устройства (6, 7, 8) — данные элементы служат для переключения передач. Они обеспечивают сцепление между различными компонентами коробки передач и позволяют эффективно управлять передаточным числом. Фрикционные устройства включаются и выключаются в зависимости от желаемой передачи, контролируя движение вала и других элементов.

 6. Тормоза (9, 10) — два управляемых тормоза на схеме отвечают за остановку или замедление определенных элементов коробки передач для изменения передаточного числа. Они играют ключевую роль в управлении коробкой, так как их использование позволяет изменять направление и величину передаваемого момента.

﻿﻿﻿ 7. Муфты (11, 12) — управляемые муфты соединяют или разъединяют различные элементы механизма, позволяя включать или отключать передачи. Муфты работают в паре с тормозами, обеспечивая плавное и бесшумное переключение передач.

 8. Распределитель управления (13) — это устройство контролирует, какой из тормозов или муфт будет задействован в зависимости от выбранной передачи. Распределитель связывает органы управления коробкой с фрикционными элементами, выполняя команды переключения.

﻿﻿﻿ 9. Переключающее устройство (14) — ключевой элемент для перехода между различными передаточными числами. Оно соединено с основным валом и центральным колесом, позволяя менять направление вращения и выбирать подходящее передаточное отношение.

 10. Рычаг управления (15) — элемент управления, позволяющий водителю или системе выбрать нужную передачу. Рычаг посылает команды распределителю, активируя нужные тормоза и муфты для переключения на необходимую передачу.

 Принцип работы по схеме:

 Схема показывает, как крутящий момент проходит через входной вал, распределяется на планетарный механизм и управляется с помощью тормозов и муфт. Каждая передача определяется включением и выключением различных фрикционных устройств, что позволяет гибко управлять скоростью вращения и крутящим моментом на выходном валу. Переключение между передачами обеспечивается распределителем, который направляет сигналы на муфты и тормоза, активируя нужные элементы в зависимости от заданных условий.

 Некоторые плюсы:

 Надежность. Система крайне редко выходит из строя, по оценкам специалистов планетарная трансмиссия не нуждается в ремонте как минимум 400 - 500 тыс. км пробега. Ломаться там фактически нечему: основные компоненты трансмиссии - это шестерни и валы.

 Компактность. Небольшие размеры механизма позволяют устанавливать планетарную трансмиссию в любые автомобили - от минивэнов до ультра-компактных кей-каров, а возможность использования большого количества планетарных механизмов

- повысить динамику автомобилей.

 Высокий КПД. Такая трансмиссия обеспечивает работу ДВС и электромотора с максимальной отдачей. Если традиционные ступенчатые КПП, «автоматы» и вариаторы с 4 -б ступенями имеют ограниченный диапазон регулирования передач (как правило, в пределах от 4 до 5,5, данный показатель демонстрирует, на сколько первая передача отличается от самой высокой), то у планетарной трансмиссии это число варьируется в пределах 10-15. Это значит, что двигатель при минимуме «оборотов» выдает максимум Нм.

 При работе коробки передач обеспечивается пять передач, что позволяет достигать различных скоростей вращения выходного вала при постоянной скорости входного вала.

 - Первая передача активируется путем соединения входного вала с центральным колесом через муфту.

﻿﻿ - Переход на вторую передачу осуществляется за счет включения дополнительного механизма управления и активации распределителя, соединяющего водило с центральным колесом.

﻿﻿ - Третья и последующие передачи обеспечиваются сложным взаимодействием всех элементов системы, включая блокировку одного из планетарных механизмов для изменения передаточного числа.

 Ключевым аспектом работы данной коробки является эффективное управление тормозами и муфтами. Управление осуществляется с использованием распределителя, который позволяет выбирать нужную передачу, активируя или блокируя определенные элементы коробки передач. Это способствует повышению плавности переключений и уменьшению износа фрикционных элементов.

﻿﻿﻿ 1. Широкий диапазон передаточных чисел позволяет использовать коробку передач в различных условиях эксплуатации, начиная от низких скоростей при старте до высоких скоростей при движении по трассе.

﻿﻿﻿ 2. Повышенная надежность обеспечивается благодаря использованию двух управляемых муфт и тормозов, что минимизирует вероятность поломки и необходимость частого обслуживания.

﻿﻿﻿ 3. Снижение сложностей производства и обслуживания, благодаря продуманной конструкции, включающей минимальное количество подвижных

Элементов при сохранении высокой функциональности.

﻿﻿﻿ 4. Оптимизация работы трансмиссии, достигаемая за счет плавного переключения передач и эффективного распределения крутящего момента между выходными элементами.

 Представленная коробка передач может найти широкое применение в автомобилях различных классов, включая легковые автомобили, грузовики и автобусы. Благодаря возможности адаптации конструкции под разные типы транспортных средств, она может стать основой для разработки новых поколений трансмиссий, обладающих высокой экономичностью и надежностью.

 Разработка новой конструкции планетарной коробки передач была вызвана необходимостью повышения надежности и долговечности трансмиссионных систем, особенно для транспортных средств, работающих в условиях интенсивных нагрузок. Традиционные планетарные коробки передач, как правило, включают множество фрикционных элементов, таких как муфты и тормоза, что усложняет конструкцию, увеличивает износ и снижает КПД за счет внутренних потерь.

 Преимуществом разработанного решения является снижение количества фрикционных деталей и повышение устойчивости к износу, что было достигнуто благодаря изменению кинематической схемы. В новой конструкции применяются два управляемых тормоза и две управляемые муфты, соединенные с центральными колесами с внутренними и внешними зубьями, что позволило уменьшить количество механических соединений, подверженных износу.

 Основными требованиями при разработке конструкции были:

 Повышение надежности. Меньшее количество подвижных частей способствует снижению риска поломки и упрощению обслуживания.

 Снижение сложности конструкции. Применение оптимального числа передач позволило снизить вес и габариты коробки, что важно для улучшения

энергоэффективности транспортных

средств.

 Экономичность производства. Простая кинематическая схема позволяет снизить производственные затраты за счет уменьшения количества дорогостоящих фрикционных компонентов.

 В традиционных планетарных коробках передач нередко применяется два и более планетарных механизмов, что позволяет обеспечить широкий диапазон передаточных чисел, но при этом усложняет конструкцию и требует установки дополнительных фрикционных элементов. В разработанном изобретении использован один планетарный механизм с двумя коронными колесами, что позволяет значительно сократить объем необходимого обслуживания и повысить надежность системы в целом.

 Кроме того, благодаря уменьшению числа звеньев в кинематической цени, коробка передач стала легче и компактнее. Это особенно важно для транспортных средств, где каждый килограмм веса может влиять на расход топлива и маневренность.

 Таким образом, выбранная конструкция планетарной коробки передач обеспечивает:

 Снижение эксплуатационных затрат и повышение срока службы.

 Увеличение надежности системы за счет уменьшения количества фрикционных элементов.

 Возможность применения в тяжелых условиях эксплуатации без риска быстрой поломки.

 Важным этапом проектирования коробки передач является выбор передаточных чисел для каждой передачи. Передаточные числа были определены таким образом, чтобы обеспечить оптимальный баланс между максимальным крутящим моментом на низких передачах и эффективностью работы на высоких передачах. Для этого использовался следующий подход:

 Первая передача обеспечивает высокое передаточное число для увеличения крутящего момента, что необходимо для трогания с места и работы под нагрузкой.

Последующие передачи имеют уменьшенное передаточное число, что позволяет повысить скорость вращения выходного вала и снизить расход топлива на высоких скоростях.

 Передаточные числа рассчитывались на основе кинематической схемы коробки и взаимного расположения шестерен, что позволило получать требуемое распределение скоростей.

 Для оценки прочности и долговечности элементов коробки передач были рассчитаны максимальные нагрузки, которые могут возникнуть на

каждом этапе передачи крутящего момента. Эти расчеты помогли определить критические элементы конструкции и подобрать оптимальные материалы для их изготовления. Основные этапы расчета включали:

 Определение крутящего момента, передаваемого от входного вала к планетарному механизму.

 Расчет нагрузок на коронные шестерни, центральное колесо и водило.

Оценку сил трения, действующих на фрикционные устройства, и их влияние на износ при длительной эксплуатации.

 Для фрикционных элементов были выбраны высокопрочные материалы, устойчивые к трению и высокой температуре, чтобы обеспечить их долговечность. Прочностные расчеты показали, что выбранные параметры позволяют системе выдерживать длительные нагрузки без риска преждевременного износа.

 После расчетов была проведена компьютерная симуляция работы коробки передач в различных условиях эксплуатации. В моделировании учитывались:

 Влияние высоких и низких температур на рабочие характеристики коробки.

 Поведение коробки при интенсивном ускорении и торможении.

 Пиковые нагрузки при резких изменениях скорости.

 Результаты моделирования подтвердили, что конструкция выдерживает высокие нагрузки, сохраняя стабильность работы. Симуляции показали, что фрикционные элементы и шестерни функционируют в оптимальном режиме, обеспечивая плавное переключение передач даже при резких перепадах нагрузки.

 Заключение:

 Усовершенствованная планетарная коробка передач демонстрирует качественный прорыв в эволюции трансмиссионных технологий. Её конструкция интегрирует расширенный функционал, повышенную отказоустойчивость и оптимизированную архитектуру, что обеспечивает конкурентоспособность в сегменте современных автомобильных решений.

Литература

1. ﻿﻿﻿ГОСПАТЕНТ СССР. SU 1786319 Al.
2. ﻿﻿﻿Kutz, M. (Ed.). (2011). Mechanical Engineers' Handbook: Energy and Power. Wiley.
3. Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). Shigley's Mechanical Engineering Design. McGraw- Hill Education.
4. Juvinall, R. C., & Marshek, K. M. (2011). Fundamentals of Machine Component Design. Wiley.
5. Павлов, В. Н. (2010). Трансмиссии автомобилей: Учебное пособие. Москва: МАДИ.