

ЛИТЕРАТУРА

1. Планетарные передачи. Справочник/Под ред. В.Н. Кудрявцева и Ю.Н. Кирдяшева, Л.: Машиностроение, 1977, 536 с.
2. Детали машин: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей: в 3 ч. / А.Т. Скойбеда (и др.); под общ. ред. А.Т. Скойбеды. -Минск: БНТУ, 2019.-Ч.1 :Механические передачи.-2019.-215с. ISBN 978-985-583-168-7(Ч.1).
3. Кинематическая теория планетарных механизмов / А.Т. Скойбеда. О.Н. Протасеня, А.А. Калина // Инновации в машиностроении: 100-летний опыт в науке, производстве, образовании [Электронный ресурс]: сборник материалов 18-й МНТК «Наука – образованию, производству. экономике» / БНТУ, Машиностроительный факультет; редкол.: А.А. Калина и [и др.] – Минск: БНТУ, 2021
4. Детали машин: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей: в 3 ч. / А.Т. Скойбеда (и др.); -Минск: БНТУ, 2022.-Ч.2 :Соединения деталей машин.-2022.-179с. ISBN 978-985-583-349-0(Ч.2).

УДК 621.833.6

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАМКНУТЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ

Протасеня О. Н. – к.т.н., доцент,
Долгий С. А. – магистрант

Белорусский национальный технический университет, Минск
e-mail: mparts@bntu.by

Аннотация: Рассмотрены различные кинематические схемы планетарных механизмов. Предложен алгоритм исследований замкнутых дифференциалов, широко используемых в автоматических планетарных коробках передач, распределителях крутящих моментов, редукторах, мультипликаторах, бесступенчатых передачах и др.

Ключевые слова: планетарный механизм, замкнутый дифференциал, передаточное отношение.

Abstract: Various kinematic schemes of planetary mechanisms are considered. An algorithm for the study of closed differentials widely used in automatic planetary gearboxes, torque distributors, gearboxes, multipliers, continuously variable gears, etc. is proposed.

Key words: planetary gear, closed differential, gear ratio.

Рассмотрим различные типы планетарных механизмов:

Схемы планетарных механизмов с одновенцовым сателлитом

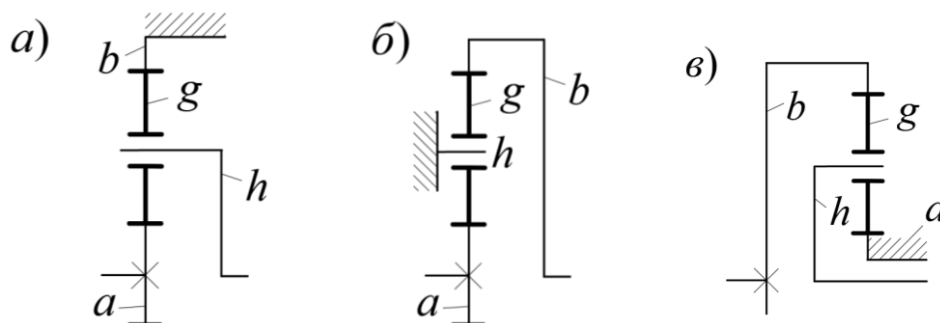


Рис. 1. Схемы планетарных механизмов с одновенцовым сателлитом:

- а) механизм с остановленным эпициклическим колесом;
- б) механизм с остановленным водилом;
- в) механизм с остановленным солнечным колесом.

Схемы планетарных механизмов с двухвенцовым классическим сателлитом

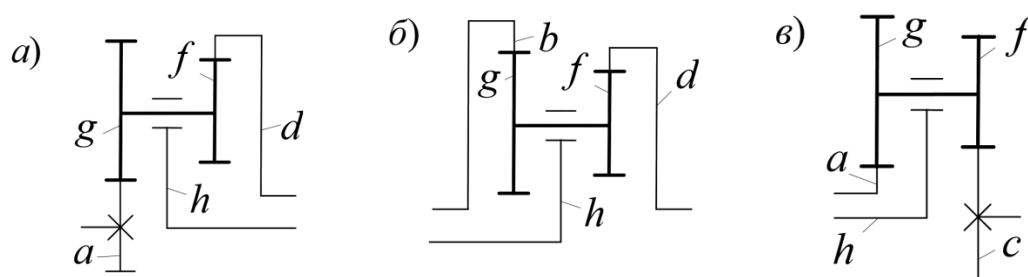


Рис. 2. Схемы планетарных механизмов с двухвенцовым классическим сателлитом:

- а) механизм смешанного зацепления;
- б) механизм внутреннего зацепления;
- в) механизм наружного зацепления.

Механизмы с реверсным сателлитом

Реверсный сателлит состоит из двух сцепляющихся друг с другом зубчатых колес, что позволяет по сравнению с классическим сателлитом, при прочих равных условиях, изменять (реверсировать) направление вращения выходного звена на противоположное.

На рис. 3 представлена базовая кинематическая схема трехзвенного планетарного механизма с реверсным сателлитом, состоящим из двух сцепляющихся зубчатых колес $g-f$.

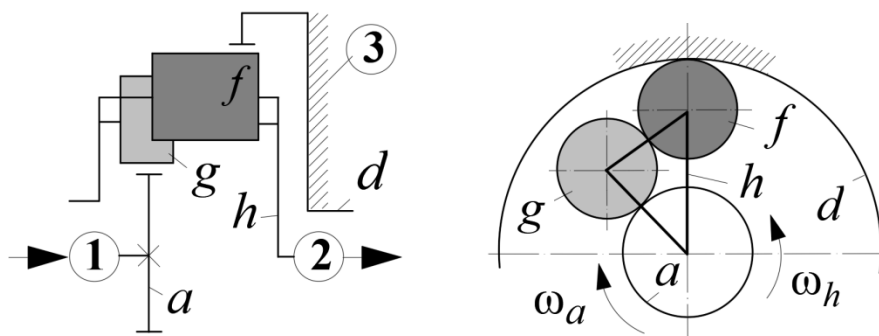


Рис. 3. Схема трехзвенного планетарного механизма с реверсным сателлитом

Трехзвенные механизмы с коническим сателлитом

На рис. 4 представлены кинематические схемы трехзвенных планетарных механизмов с одновенцовым коническим сателлитом g .

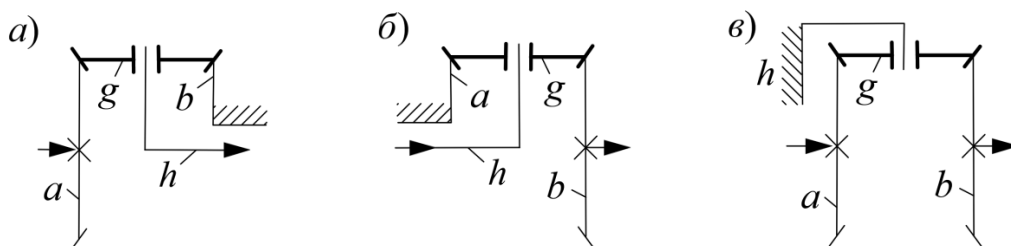


Рис. 4. Схемы планетарных механизмов с одновенцовым коническим сателлитом:
а) редуктор; б) мультипликатор; в) реверс

На рис. 5 представлены базовые кинематические схемы трехзвенных планетарных механизмов с двухвенцовым коническим сателлитом $g-f$.

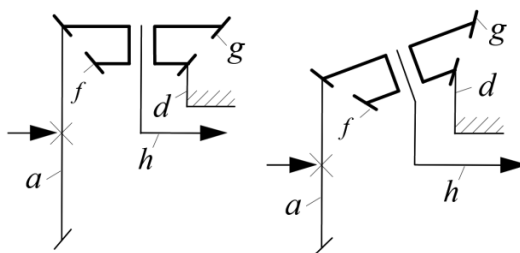


Рис. 5. Схемы планетарных механизмов с двухвенцовым коническим сателлитом

Четырехзвенные планетарные механизмы

На рис. 6. представлены базовые кинематические схемы четырехзвенных планетарных механизмов с двухвенцовым сателлитом $g-f$.

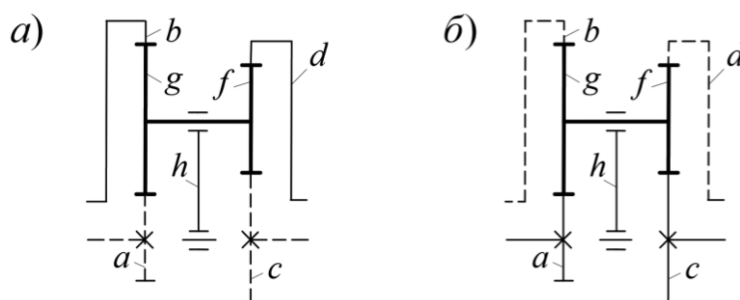


Рис. 6. Схемы четырехзвенных планетарных механизмов с двухвенцовым сателлитом: а) механизм с двумя эпициклическими колесами b и d и одним солнечным колесом a или c ; б) механизм с двумя солнечными колесами a и c и одним эпициклическим колесом b или d .

Бипланетарные трехзвенные механизмы

Бипланетарный механизм состоит из основного планетарного механизма и дополнительного планетарного механизма, интегрированного в основной сателлитный блок с целью увеличения кинематического эффекта передачи.

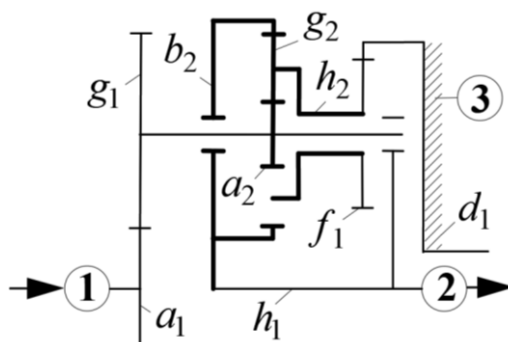


Рис. 7. Схема трехзвенного бипланетарного механизма смешанного зацепления

Планетарно-кривошипные механизмы

Планетарно-кривошипные механизмы разделяются на:

- механизмы с эвольвентным зацеплением;
- механизмы с цевочным зацеплением (планетарно-цевочный или циклоидальный механизм);
- планетарно-волновые зубчатые механизмы.

Кинематика планетарно-кривошипных механизмов основана на кинематической теории классических планетарных механизмов.

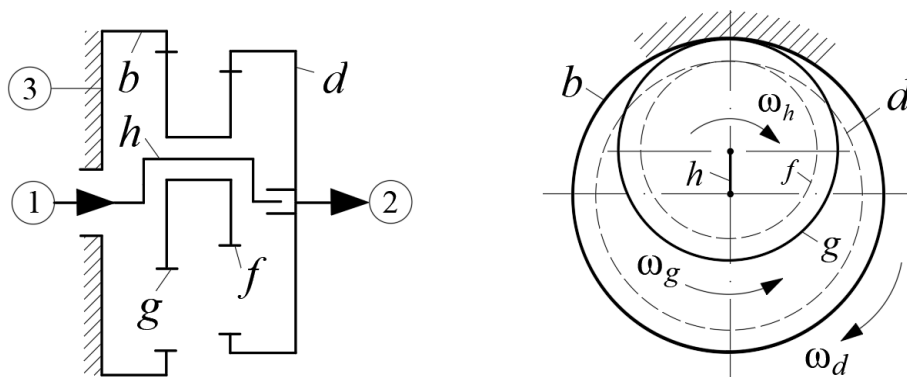


Рис. 8. Трехзвенный планетарно-кривошипный механизм эвольвентного зацепления с двухзвенцовым сателлитом

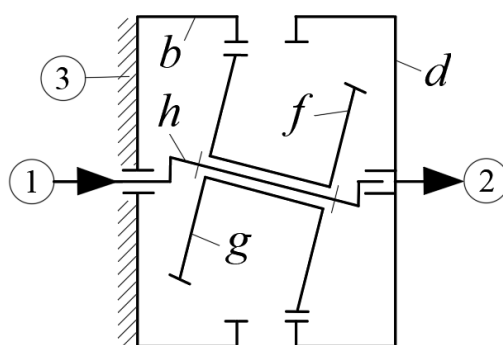


Рис. 9. Прецессионный механизм с двухзвенцовым сателлитом

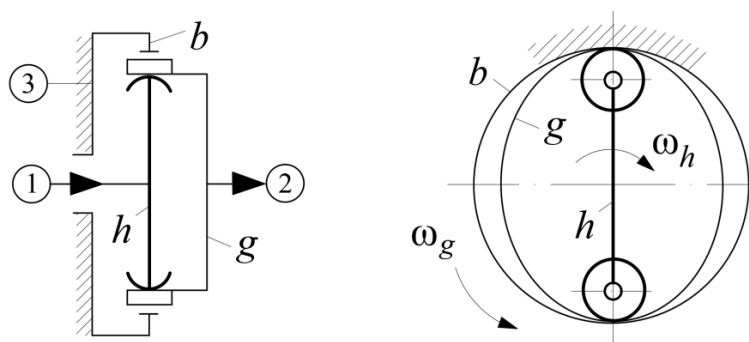


Рис. 10. Волновой механизм с ведомым гибким колесом g

Замкнутые дифференциалы

Замкнутые дифференциалы находятся на вершине классификационной цепочки, так как обладают наибольшей сложностью в теоретическом и конструктивном аспектах.

На современных транспортных машинах широко применяют двухпоточные передачи. Передача энергии от входного вала к выходному двумя потоками с различной степенью трансформации момента в каждом из них позволяет создавать более совершенные технические устройства. Возможность использования двухпоточных передач основана на известном свойстве дифференциальных механизмов алгебраически суммировать на одном из основных звеньев не связанные между собой вращения двух других основных звеньев.

Двухпоточная передача состоит из дифференциального механизма и замыкающей передачи, кинематически связывающей два основных звена дифференциального механизма. Такие передачи называются замкнутыми дифференциальными механизмами или **замкнутыми дифференциалами**. Данные передачи используются в многочисленных современных технических устройствах (автоматические планетарные коробки передач, распределители крутящих моментов, редукторы, мультипликаторы, бесступенчатые передачи, главные судовые приводы и др.).

В качестве дифференциального механизма и замыкающей передачи в основном применяется трехзвенный планетарный механизм с одновенцовыми сателлитами, обладающий конструктивной простотой и минимальными массогабаритными параметрами.

Возможно использования различного (два, три, четыре и т. д.) количества дифференциальных механизмов D в составе замкнутого дифференциала, но их применение должно быть обосновано экономической целесообразностью.

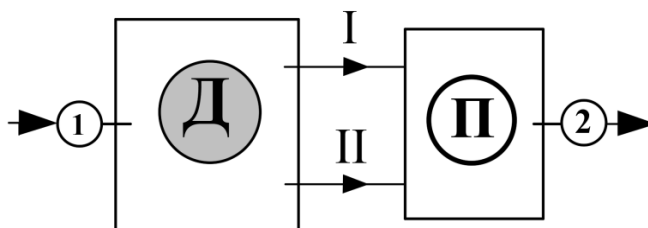


Рис. 11. Структурная схема замкнутого дифференциала

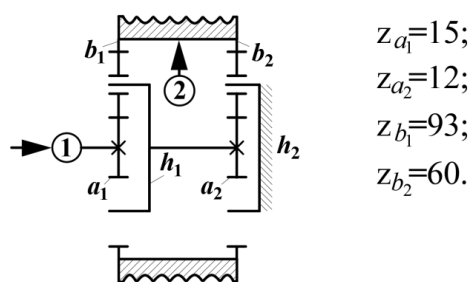


Рис. 12. Схема редуктора механизма подъема главной лебедки экскаватора Э-6516

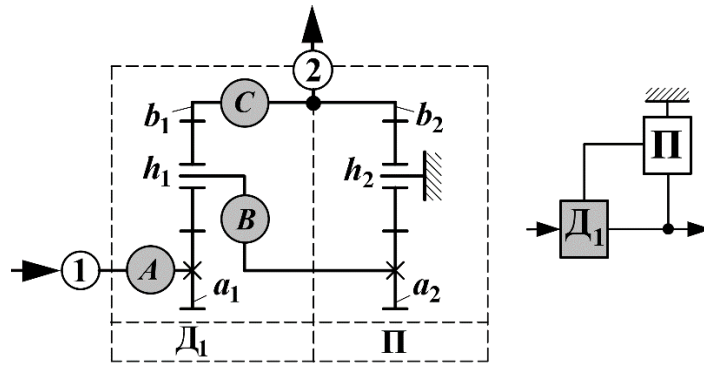


Рис. 13. Замкнутый дифференциал Д1-П с одним дифференциальным механизмом Д1 на входе передачи (механизма подъема главной лебедки экскаватора Э-6516)

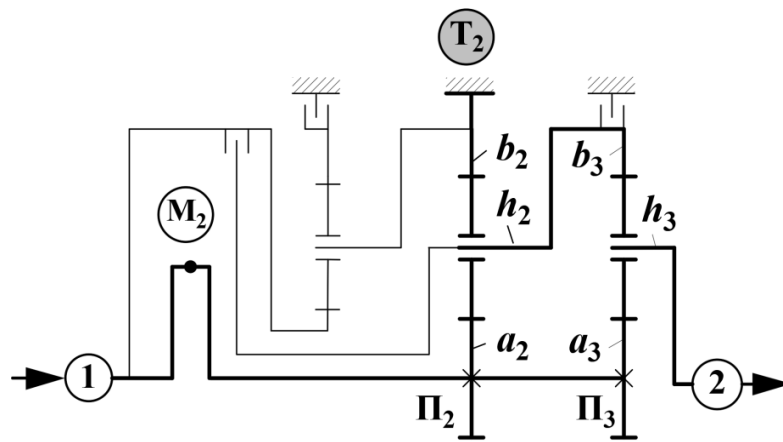


Рис. 14. Кинематическая схема работы ПКП Allison WT-3060 на втором скоростном режиме: включены муфты М₂, Т₂

На рис. 15 представлена расчетная схема ПКП на втором скоростном режиме.

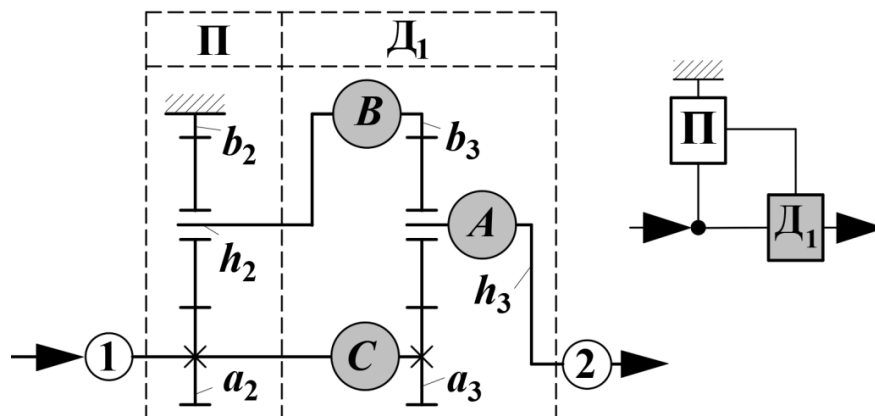


Рис. 15. Замкнутый дифференциал П-Д₁ (второй скоростной режим)

Исследованиями замкнутых дифференциалов занимались в 50-х, 60-х годах два ученых: Шабанов К. Д. (МВТУ им. Н. Э. Баумана) и Кирдяшев Ю. Н. (Ленинградский институт водного транспорта).

Их теоретические расчеты достаточно сложны и громоздки. Отсутствует общая классификация замкнутых дифференциалов, нет алгоритма образования кинематических схем.

Также сложны и громоздки расчеты передаточных отношений, мощностного баланса, циркуляции мощности, что создает дополнительные проблемы для изучения замкнутых дифференциалов в учебном процессе.

Учитывая актуальность применения замкнутых дифференциалов в многочисленных приводах машин и механизмов, созрела необходимость разработки комплексного подхода к исследованию данных передач.

ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ:

1. Создание классификации замкнутых дифференциалов.
2. Разработка методики образования кинематических схем замкнутых дифференциалов.
3. Создание достаточно простой в понимании кинематической теории расчета передаточных отношений, силовых зависимостей, мощностного баланса и к. п. д. замкнутых дифференциалов для возможности применения ее как в учебном процессе, так и для научных исследований современных трансмиссий мобильных машин.
4. Выработка критериев выявления схем с циркуляцией мощности и путей оптимизации данных схем.
5. Создание математической модели различных типов замкнутых дифференциалов для оперативного выбора на стадии проектирования оптимальных и рациональных кинематических схем с учетом массогабаритных и компоновочных и параметров динамической нагруженности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Планетарные передачи. Справочник/Под ред. В.Н. Кудрявцева и Ю.Н. Кирдяшева, Л.: Машиностроение, 1977, 536 с.
2. Детали машин: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей: в 3 ч. / А.Т. Скойбеда (и др.); под общ. ред. А.Т. Скойбеда. -Минск: БНТУ, 2019.-Ч.1 :Механические передачи.-2019.-215с. ISBN 978-985-583-168-7(Ч.1).

3. Кинематическая теория планетарных механизмов / А.Т. Скойбеда. О.Н. Протасеня, А.А. Калина // Инновации в машиностроении: 100-летний опыт в науке, производстве, образовании [Электронный ресурс]: сборник материалов 18-й МНТК «Наука – образованию, производству. экономике» / БНТУ, Машиностроительный факультет; редкол.: А.А. Калина и [и др.] – Минск: БНТУ, 2021

4. Детали машин: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей: в 3 ч. / А.Т. Скойбеда (и др.); -Минск: БНТУ, 2019.-Ч.2 :Соединения деталей машин.-2022.-179с. ISBN 978-985-583-349-0(Ч.2).

5. Шабанов К. Д. Двухпоточные передачи транспортных машин. М., Машгиз, 1962.

6. Кирдяшев Ю. Н. Замкнутые передачи дифференциального типа. Л., «Машиностроение», 1969, 176 с.

УДК 331

**ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И
РАЗРАБОТКИ ПОСОБИЙ ПО ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИМ
ДИСЦИПЛИНАМ ДЛЯ ИНОСТРАННЫХ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Швец И. В.

заместитель декана машиностроительного факультета
Белорусский национальный технический университет, Минск
mparts@bntu.by

**FEATURES OF ADAPTATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS
AND DEVELOPMENT OF MANUALS IN GENERAL TECHNICAL
DISCIPLINES FOR FOREIGN STUDENTS**

Аннотация

В связи с развитием экспорта образовательных услуг в Беларуси все больше иностранных студентов получают образование в Белорусском национальном техническом университете. Причем имеют место различные формы образовательных программ. Обучение ведется на русском и английском языках. Некоторые поступают на первый курс и добавляются в группы к белорусским студентам, те, кто обучаются по совместным образовательным программам, приезжают на третий курс и, в зависимости от программы, добавляются в уже имеющиеся группы или обучаются в отдельных.

В связи с тем, что дисциплины, читаемые кафедрой «Машиноведение и детали машин» относятся к общетехническим, то практически все иностранные студенты, обучающиеся на технических специальностях в