Региональный конкурс творческих экспериментальных работ обучающихся Московской области «**Архимед»** по конструированию приборов, моделей, устройств и установок для проведения исследований.

**Секция: «Техническое устройство. Модель»**

**ПЛАНЕТАРНАЯ ПЕРЕДАЧА**

**Кузнецов Егор Геннадьевич**

обучающийся 9 класса

ГБОУ МО СП ФМЛ

г. Сергиев Посад

Московской области

Научный руководитель:

Гавриленко Галина Юрьевна

учитель ГБОУ МО СП ФМЛ

г. Сергиев Посад, 2021 год

**ПЛАНЕТАРНАЯ ПЕРЕДАЧА**

**Оглавление**

1. Введение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2

2. Устройство\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_3

4. Расчеты \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_6

5. Плюсы и минусы конструкции \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_8

6. Заключение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_8

7. Список литературы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_9

**Введение**

Сложными зубчатыми механизмами называются механизмы с зубчатыми передачами с числом зубчатых колес больше двух. Сложные зубчатые механизмы, в которых ось хотя бы одного колеса подвижна, называются планетарными механизмами. [4]

Планетарная передача — механическая передача вращательного движения, за счёт своей конструкции способная в пределах одной геометрической оси вращения изменять, складывать и раскладывать подводимые угловые скорости и крутящий момент.

Обычно является элементом трансмиссии различных технологических и транспортных машин.

**Цель:** изучить принцип действия планетарного редуктора. Изготовить модель планетарного редуктора.

**Задачи:**

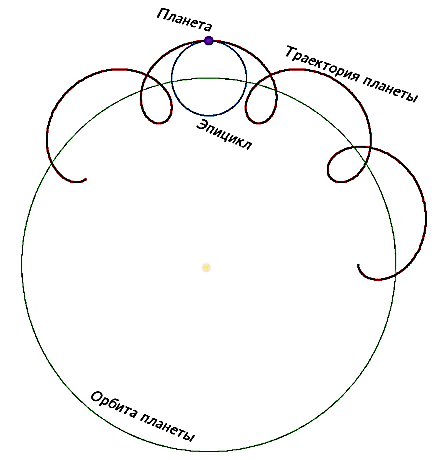
* Изучить принцип действия планетарного редуктора
* Провести исследование параметров самодельного планетарного редуктора.
* Определить слабые и сильные стороны. Изучить их причины.
* Доказать возможность существования и правильность сборки планетарного редуктора.

**Устройство**

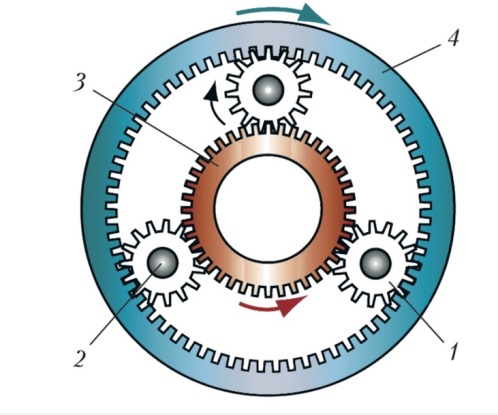
К типовым планетарным механизмам относятся:

* однорядный планетарный механизм;
* двухрядный планетарный механизм с одним внешним и одним внутренним зацеплением
* двухрядный планетарный механизм с двумя внешними зацеплениями;
* двухрядный планетарный механизм с двумя внутренними зацеплениями.

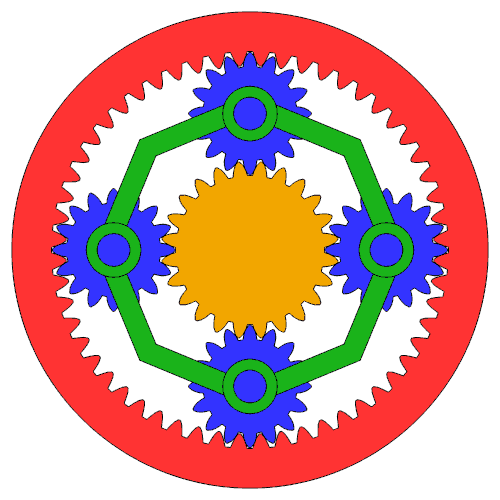
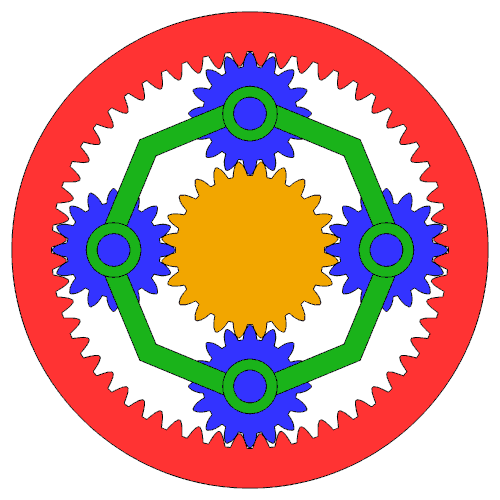
Конструктивно планетарная передача всегда представляет собой набор взаимозацепленных зубчатых колес (не менее 4), часть из которых (не менее 2) имеет общую геометрическую неподвижную ось вращения, а другая часть (также, не менее 2) имеет подвижные оси вращения, концентрически вращающиеся на так называемом «водиле» вокруг неподвижной.

Зубчатые колёса на неподвижной оси всегда связаны друг с другом не напрямую, а через зубчатые колёса на подвижных осях, а ввиду того, что вторые способны не только вращаться относительно первых, но и обкатывать их, тем самым передавая поступательное движение на водило, все звенья планетарной передачи на которые можно подавать/снимать мощность получают возможность вращаться дифференциально, с тем лишь условием, что угловая скорость любого такого звена не абсолютно хаотична, а определяется угловыми скоростями всех остальных звеньев. В этом плане планетарная передача похожа на планетарную систему, в которой скорость каждой планеты определяется скоростями всех остальных планет системы. Дифференциальный принцип вращения всей системы, а также то, что в своём каноническом виде набор зубчатых колёс, составляющих планетарную передачу, собран в некоем подобии солнца и эпициклически движущихся по орбите планет, даёт данной механической передаче такие присущие только ей интернациональные определения, как планетарная, дифференциальная или эпициклическая, каждое из которых в данном случае есть синонимы.

С точки зрения теоретической механики планетарная передача — это механическая система с двумя и более степенями свободы. Эта особенность, являющаяся прямым следствием конструкции, есть важное отличие планетарной передачи от каких-либо других передач вращательного движения, всегда имеющих только одну степень свободы. И эта особенность наделяет саму планетарную передачу тем важным качеством, что в аспекте воздействия на угловые скорости вращения планетарная передача может не только редуцировать эти скорости, но и складывать и раскладывать их, что, в свою очередь, делает её основным механическим исполнительным узлом не только различных планетарных редукторов, но таких устройств как дифференциалы и суммирующие планетарную передачу[3]

Планетарный механизм состоит из четырех основных компонентов:

1. Сателлит (планетарная шестерня, колеса, оси которых подвижны);
2. Водило (подвижное звено, на котором установлены саттелиты);
3. Солнечная шестерня (зубчатое колесо с внешними зубьями, расположенное в центре механизма);
4. Коронная шестерня (колесо с внутренними зубьями);

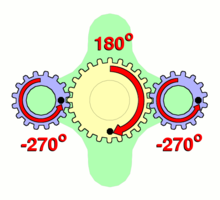


**Передаточное отношение**

Передаточное отношение такой передачи визуально определить достаточно сложно, в основном, потому что система может приводиться во вращение различными способами.

При использовании планетарной передачи в качестве редуктора один из трёх её основных элементов фиксируется неподвижно, а два других служат в качестве ведущего и ведомого. Таким образом, передаточное отношение будет зависеть от количества зубьев каждого компонента, а также от того, какой элемент закреплён.

Рассмотрим случай, когда водило зафиксировано, а мощность подводится через солнечную шестерню. В этом случае планетарные шестерни вращаются на месте со скоростью, определяемой отношением числа их зубьев относительно солнечной шестерни. Например, если мы обозначим число зубьев солнечной шестерни как S, а для планетарных шестерён примем это число как P, то передаточное отношение будет определяться формулой , то есть если у солнечной шестерни 24 зуба, а у планетарных по 16, то передаточное отношение будет , или , что означает поворот планетарных шестерён на 1,5 оборота в противоположном направлении относительно солнечной.

Далее вращение планетарных шестерён может передаваться кольцевой шестерне, с соответствующим передаточным числом. Если кольцевая шестерня имеет A зубьев, то оно будет вращаться с соотношением относительно планетарных шестерён. (В данном случае перед дробью нет минуса, так как при внутреннем зацеплении шестерни вращаются в одну сторону). Например, если на кольцевой шестерне 64 зуба, то относительно приведённого выше примера это отношение будет равно , или . Таким образом, объединив оба примера, мы получим следующее:

* Один оборот солнечной шестерни даёт оборотов планетарных шестерён;
* Один оборот планетарной шестерни даёт оборотов кольцевой.

В итоге, если водило заблокировано, общее передаточное отношение системы будет равно .

В случае, если закреплена кольцевая шестерня, а мощность подводится к водилу, передаточное отношение на солнечную шестерню будет меньше единицы и составит .

Если закрепить кольцевую шестерню, а мощность подводить к солнечной шестерне, то мощность должна сниматься с водила. В этом случае передаточное отношение будет равно . Это самое большое передаточное число, которое может быть получено в планетарной передаче. Такие передачи используются, например, в тракторах и строительной технике, где требуется большой крутящий момент на колёсах при невысокой скорости.

**Формула Виллиса**

, где *i*0 — передаточное число при заблокированном водиле , nS — скорость солнечной шестерни, nP – скорость водила и nA — скорость кольцевой шестерни.

При сборкенеобходимо, чтобы во всех зацеплениях центральных колес с саттелитами имело место совпадение зубьев со впаденами. Установлено, что при симметричном расположении саттелитов условие сборки удовлетворяется, если сумма зубьев центральных колес кратно числу саттелитов. Т.е. .

Также требуется выполнение условия соседства, чтобы саттелиты не задевали зубьями друг друга. Для этого необходимо, чтобы сумма сумма радиусов вершин зубьев соседних саттелитов была меньше расстоянию между их осями.

**Расчеты**

Сосчитаем количество зубьев на каждой шестерне. На солнечной с одной стороны S1=10, а с другой S2=12. На кольцевой A1=38, и A2=36. Количество сателлитов рано n=4.

**Доказательство.**

Подставим наши числа для верхней и нижней части и получим:

1. Для верхней.
2. Для нижней.

**Формула ВИЛЛИСА.**

Но так как нам не известны угловые скорости шестерен заблокируем водило и формула примет вид:

Тогда для верхнего случая оно равно 3, а для нижнего 3,8. Это дает нам прирост производительности.

**Собранная модель планетарного редуктора:**

Изображение выглядит как пончик, внутренний, тарелка, белый

Автоматически созданное описание

*Вид спереди*

Изображение выглядит как тарелка, внутренний, белый, украшен

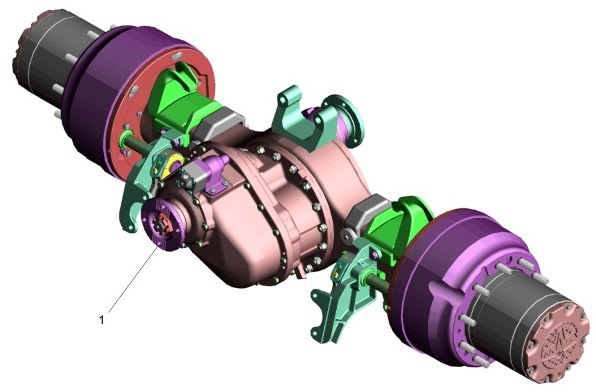
Автоматически созданное описание**Применение планетарного редуктора**

*Вид сзади*

*Вид сбоку*

Свое применение нашла в машиностроении, а точнее в задних мостах грузовых автомобилей МАЗ и ЗиУ-9. Например трактора K-700 и K-900.

Также более сложной его модификацией является межосевой дифференциал с блокировкой. Наиболее успешными примерами являются представители германского автопрома: BMW X5M, BMW X6M – из-за хорошего поведения при прохождении крутых поворотов на льду с большой скоростью.

**Плюсы и минусы конструкции**

Как таковых конкурентов у планетарного редуктора нет. Но если присмотреться, то его конкурентом становятся чисто суммирующие и дифференцирующие шестерни. Но все равно по выходящему КПД они значительно уступают планетарным передачам.

К преимуществам можно отнести малые размеры и малые нагрузки на вал и шестерни. Так же можно отметить низкие шумы при работе и выдача больших передаточных чисел при эксплуатации.

Но не обошлось и без минусов. Не считая везде присущие потери по трению и растекания масла, также можно учесть сложности при изготовлении, которая требует высокой точности одновременно с прочностью и ценой материалов. А уже следующей проблемой является сборка и установка деталей (в частности, с коническими шестернями) в различные аппараты.

**Заключение**

Получается планетарная передача это очень энерго-эффективный механизм, не имеющий на сегодняшний день аналогов.

В будущем я планирую собрать более сложны редуктор с мотором для расчета угловых скоростей различных шестерен. Применить формулу по расчету степени подвижности, выведенную великим механиком П. Л. Чебышевым:

**Литература:**

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Планетарная_передача>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=BURE6kiC3wg>
3. <http://www.cb-online.ru/spravochniky-online/online-spravochnik-konstruktora/reduktora/planetarnaya-peredacha/>
4. <http://tmm-umk.bmstu.ru/lectures/lect_15.htm>