

Автор:
педагог дополнительного образования
детского технопарка «Кванториум Саров»
Федоровых Алексей Олегович
«Промробо квантум»

Тема: «Механические передачи. Редуктор. Мультипликатор».

Цель: изучить виды механических передач, их назначение. Познакомить с основными параметрами техническими характеристиками данного механизма.

Рекомендованный возраст слушателей: от 13 лет.

Форма подачи информации: изучение данной темы проводится в два этапа: первый – теоретический, второй – практический. Оба этапа сопровождаются практическими примерами (моделями), созданными на базе конструктора «Lego education Wedo 2.0». В конце темы приведены контрольные вопросы и задачи, решение которых не должно вызвать затруднений у слушателей при должном понимании материала.

Этап 1.

1) Механическая передача — это механизм, служащий для передачи и преобразования механической энергии от двигателя к исполнительному механизму.

Существует немало видов механических передач, классифицировать которые можно, например, по способу передачи движения:

- с помощью трения – ременные передачи* (см. рисунок 1);
- с помощью зацепления – зубчатые, червячные передачи* (см. рисунки 2, 3).

* - данные виды передач наиболее часто используются при конструировании моделей из наборов «Лего» и др.

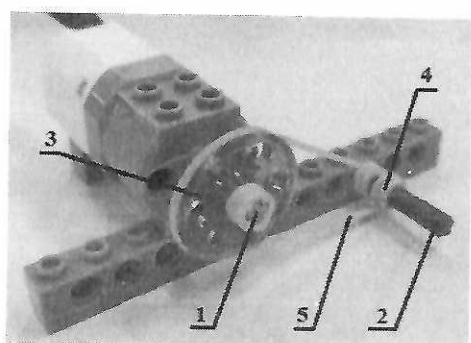


Рисунок 1 – Ременная передача

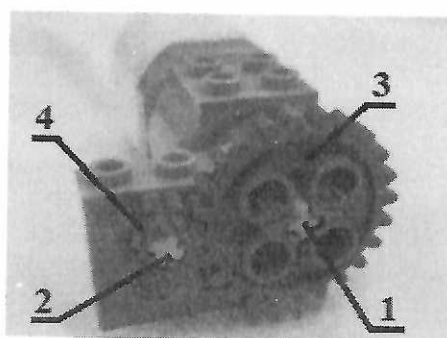


Рисунок 2 – Зубчатая передача

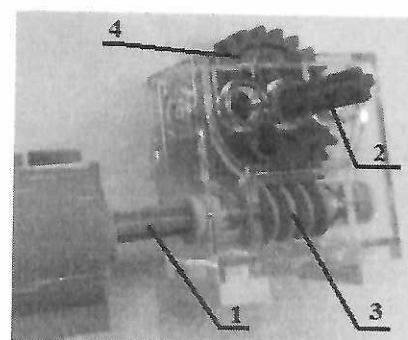


Рисунок 3 – Червячная передача

Любая механическая передача состоит из ведущего и ведомого вала (позиции 1, 2 рисунков 1-3). Под цифрами 3-5 на рисунке 1 изображены соответственно ведущий шкив, ведомый шкив и ремень. На рисунке 2 изображены зубчатое колесо (позиция 3) и шестерня (позиция 4). Шестерней называется зубчатое колесо с меньшим количеством зубьев в паре. На рисунке 3 изображены червяк (позиция 3) и червячное колесо (позиция 4).

В некоторых случаях можно обойтись и без использования механических передач, разместив исполнительный механизм непосредственно на валу двигателя, только в этом случае об

универсальности применения одного двигателя для решения различных задач можно забыть, а следовательно и об экономической эффективности.

Механические же передачи позволяют не только разместить двигатель в том месте, где он не будет мешать работе исполнительного механизма, но и адаптировать его основные характеристики под решение конкретной задачи.

2) Любая механическая передача характеризуется передаточным отношением (i) и коэффициентом полезного действия (η).

Передаточное отношение показывает во сколько раз изменяется частота вращения ведущего (ω_1) и ведомого (ω_2) вала механической передачи:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (1)$$

Коэффициентом полезного действия (КПД) называют отношение значений мощности на ведомом валу (P_2) к мощности на ведущем валу (P_1) обозначают буквой η :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (2)$$

Мощность на ведущем валу (P_1) всегда больше мощности на ведомом валу (P_2) так как в механических передачах всегда есть потери энергии, которые направлены на преодоление сил трения и нагрев трущихся деталей, поэтому КПД у любой механической передачи всегда меньше единицы.

3) Механическая мощность во вращательном движении определяется как произведение крутящего момента (M) и частоты вращения вала (ω):

$$P = M \cdot \omega \quad (3)$$

Соответственно для ведущего и ведомого валов механической передачи формула примет вид:

$$P_1 = M_1 \cdot \omega_1, \quad P_2 = M_2 \cdot \omega_2 \quad (4, 5)$$

Понятие крутящего момента лучше всего объяснить следующим образом: в физике различают поступательное движение и вращательное. Крутящий момент (его еще называют момент силы) во вращательном движении – это аналог силы в поступательном движении, т.е., можно сказать, что крутящий момент – это сила с которой вращается вал (зубчатое колесо, шкив и т.д.).

4) В таблице 1 приведены характерные значения передаточных отношений и КПД наиболее распространенных механических передач.

Таблица 1 - Максимальное передаточное отношение и КПД основных видов механических передач

Вид механической передачи	Максимальное передаточное отношение (i)	КПД (η)
Зубчатая	6,3	0,95-0,98
Ременная	8,0	0,90-0,95
Червячная	120,0	0,70-0,90

5) Если механическая передача состоит из нескольких зубчатых колес или комбинирует в себе разные виды механических передач, то общее передаточное отношение ($i_{\text{общ}}$) определяется как произведение передаточных отношений каждого передаточного звена:

$$i_{\text{общ}} = i_1 \cdot i_2 \quad (6)$$

Механическая передача, у которой передаточное отношение $i > 1$, т.е. у которой частота вращения ведущего (ω_1) вала больше частоты вращения ведомого (ω_2) вала, называется понижающей или редуктором.

Механическая передача, у которой передаточное отношение $i < 1$, т.е. у которой частота вращения ведущего (ω_1) вала меньше частоты вращения ведомого (ω_2) вала, называется повышающей или мультипликатором.

Этап 2.

Задание 1.

Определить передаточные отношения механических передач, показанных на рисунках 1-3.

Решение. В случае, когда частоты вращения ведущего и ведомого валов не заданы передаточное отношение определяется следующим образом:

1) для ременной передачи:

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{5\text{мм}}{15\text{мм}} = 0,33,$$

где D_1, D_2 – диаметры ведущего и ведомого шкива;

2) для зубчатой передачи:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{8}{24} = 0,33,$$

где Z_1, Z_2 – количество зубьев зубчатого колеса (ведущего) и шестерни (ведомой)

3) для червячной передачи:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{24}{1} = 24,$$

где Z_1 – число заходов витка на валу червяка (аналогично числу заходов резьбы у винта, болта и т.д.), Z_2 – количество зубьев червячного колеса.

Задание 2

Определить передаточное отношение передачи, изображенной на рисунке 4. Диаметр желтого шкива 5 мм, диаметр голубого шкива 15 мм.

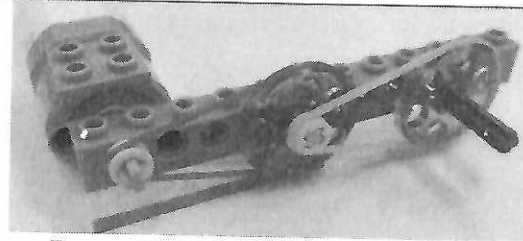


Рисунок 4 – Ременная передача

Решение. Так как общее передаточное отношение ($i_{\text{общ}}$) определяется как произведение передаточных отношений каждого передаточного звена $i_{\text{общ}} = i_1 \cdot i_2$, то:

$$i_{\text{общ}} = \frac{D_2}{D_1} \cdot \frac{D_2}{D_1} = \frac{15}{5} \cdot \frac{15}{5} = 9.$$

Задание 3

Мощность на валу двигателя ременной передачи, изображенной на рисунке 4 равна P_1 , частота его вращения ω_1 , общее передаточное отношение $i = 9$, КПД каждой передачи $\eta = 0,95$. Определить мощность P_2 и крутящий момент M_2 на ведомом (выходном) валу.

Решение. Из формулы (2) следует:

$$P_2 = P_1 \eta, \quad (7)$$

но так как ременная передача на рисунке 4 состоит из двух частей, то формула (7) примет вид:

$$P_2 = P_1 \eta^2 = P_1 \cdot 0,95^2 = 0,90P_1.$$

Из формулы (5) выразим M_2 :

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega_2};$$

ω_2 – найдем из формулы (1):

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i} = \frac{\omega_1}{9},$$

следовательно:

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{9 \cdot 0,90P_1}{\omega_1} = 8,1 \frac{P_1}{\omega_1},$$

с учетом формулы (4) получим:

$$M_2 = 8,1M_1.$$

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод: редуктор (которым является механическая передача представленная на рисунке 4) уменьшает частоту вращения ведомого вала, но увеличивает его крутящий момент, т.е. он вращается медленнее, но с большей силой. Справедливо и обратное: мультипликатор увеличивает частоту вращения выходного вала, но уменьшает крутящий момент, т.е. он вращается быстрее, но с меньшей силой.

Контрольные вопросы.

1 Какие из механических передач, изображенных на рисунках 1-3 являются редуктором, а какие мультипликатором?

2 Определить передаточное отношение, мощность P_2 и крутящий момент M_2 на ведомом (выходном) валу передачи, изображенной на рисунке 5. Число заходов витка на валу червяка $Z_1 = 1$, количество зубьев червячного и зубчатого колеса одинаково $Z_2 = Z_4 = 24$, количество зубьев шестерни $Z_3 = 8$. Мощность на валу двигателя равна P_1 , частота его вращения ω_1 . КПД червячной передачи принять 0,8, зубчатой – 0,95.

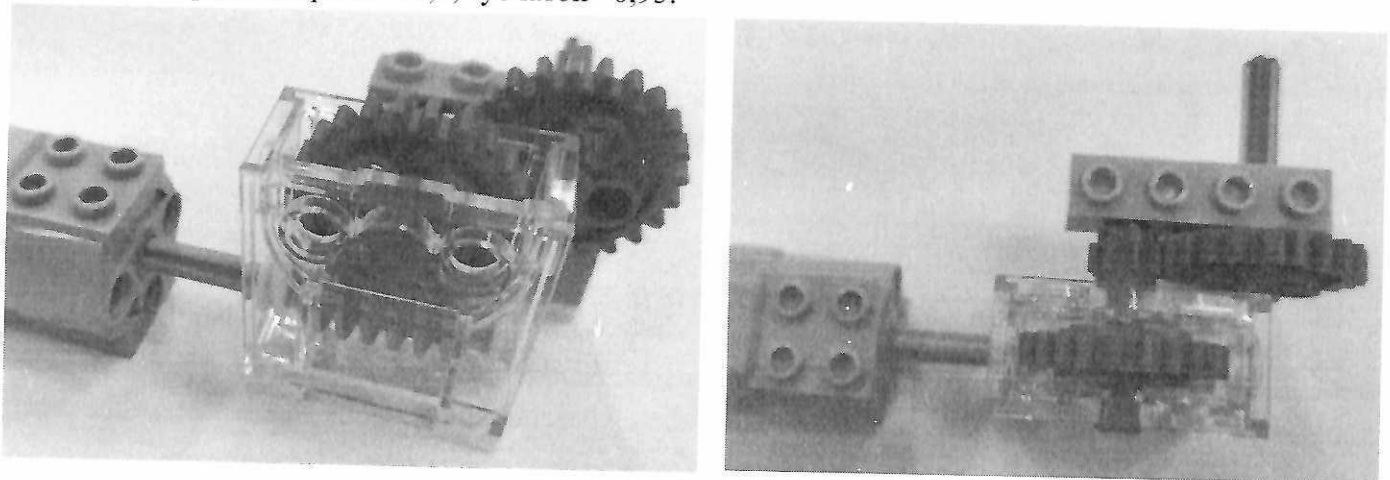


Рисунок 5 – Механическая передача

3 В каких из предложенных механизмов целесообразней использовать в конструкции редуктор, а в каких мультипликатор: трактор, скоростной велосипед, грузовой лифт, вентилятор. Приведи свои примеры.