

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 05.06.2023 22:27:26
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 30 » 05



КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗУБЧАТОГО МЕХАНИЗМА С НЕПОДВИЖНЫМИ ОСЯМИ

Методические рекомендации

по выполнению лабораторной работы по дисциплине

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов»

Курс 2023

УДК 621.(076.1)

Составители: С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *П.А. Безмен*

Кинематический анализ зубчатого механизма с неподвижными осями: Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы по дисциплине: Теория механизмов и машин / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын – Курск, 2023. – с. 14.

Содержат сведения по вопросам выполнения лабораторной работы студентов, подготовке и оформлению отчетных материалов.

Предназначены для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 6,16. Уч.-изд. л. 5,58.

Тираж 30 экз. Заказ 527 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Общие сведения о зубчатых механизмах.....	5
2. Определение передаточных отношений рядовых механизмов..	8
3. Сложные зубчатые передачи	9
4. Порядок выполнения работы.....	12
5. Контрольные вопросы.....	12
Библиографический список	13

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Теория механизмов и машин» (ТММ) изучает основные методы и алгоритмы анализа и синтеза механизмов и машин, а также систем, разработанных на их основе.

Процесс обучения дисциплине «Теория механизмов и машин» предусматривает достижение поставленных целей посредством реализации ряда задач и основывается на необходимости получения студентом знаний, умений и навыков согласно требованиям ФГОС ВО, на базе которых формируются соответствующие компетенции. В технике широко используются подвижные механические системы, подразделяемые на машины, машинные агрегаты и механизмы.

В исполнительных механизмах систем автоматики и приводах радиолокационных антенн широко применяются разнообразные зубчатые механизмы. В сравнении с другими видами передач зубчатые передачи позволяют получить малогабаритные компактные устройства высокой мощности, обладают высоким коэффициентом полезного действия и высокой надежностью в работе. Широкое применение зубчатые передачи находят также в лентопротяжных механизмах, механизмах настройки радиоаппаратуры, в периферийных устройствах ЭВС.

Лабораторная работа «КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗУБЧАТОГО МЕХАНИЗМА С НЕПОДВИЖНЫМИ ОСЯМИ»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомление студентов с основными типами зубчатых механизмов и приобретение ими навыков кинематического анализа механизмов.

ОБЪЕКТЫ выполнения работы – модель зубчатого механизма с неподвижными осями.

1. Общие сведения о зубчатых механизмах

Зубчатыми называют механизмы, в состав которых входят зубчатые звенья. Они предназначены для передачи вращения между удалёнными осями с заданным отношением угловых скоростей. Их называют также зубчатыми передачами. Простейший зубчатый механизм состоит из двух зубчатых звеньев и стойки.

По взаимному расположению осей колёс зубчатые механизмы делятся на 3 группы:

- 1) с параллельными осями;
- 2) с пересекающимися осями;
- 3) со скрещивающимися осями.

Механизмы с параллельными осями относятся к плоским, а с пересекающимися и скрещивающимися осями – к пространственным.

В передачах с параллельными осями используются цилиндрические колеса. Цилиндрическая передача может быть с внешним (рис. 1, а) и с внутренним зацеплением (рис. 1, б). Частным случаем цилиндрической передачи является реечная передача (рис. 2), предназначенная для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот.

Передачи с пересекающимися осями осуществляются коническими колесами (рис. 3).

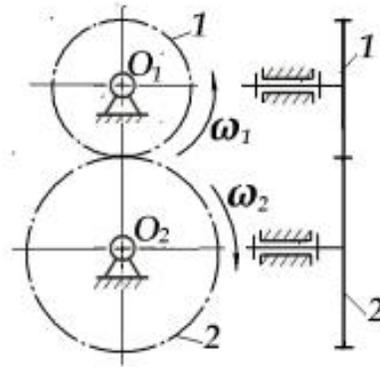
Передачи между скрещивающимися осями бывают:

- 1) червячные (рис. 4); червяк представляет собой однозаходный или многозаходный винт, может быть цилиндрическим или глобоидным;

2) винтовые (рис. 5), колёса которых нарезаны как косозубые, но с бóльшим углом наклона зубьев;

3) гипоидные (рис. 6), в них используются конические колеса, оси которых скрещиваются.

К зубчатым также относятся волновые передачи и передачи прерывистого движения (мальтийские, храповые механизмы).



б

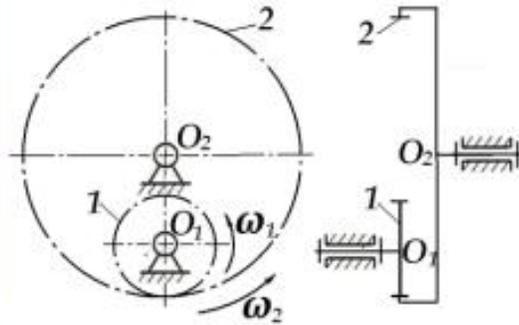


Рис. 1. Вид и схема цилиндрических зубчатых передач
а – с внешним зацеплением, б – с внутренним зацеплением

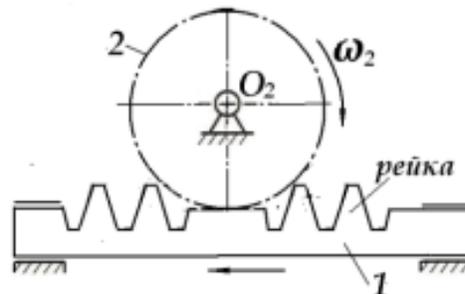
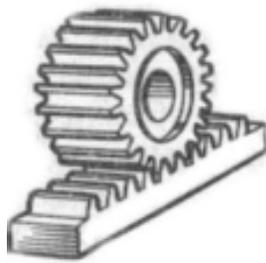


Рис. 2. Вид и схема реечной передачи

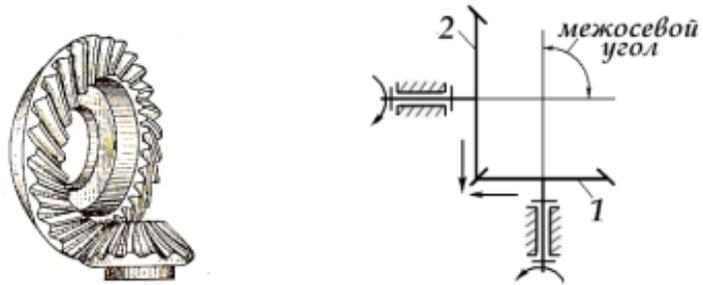


Рис. 3. Вид и схема конической передачи

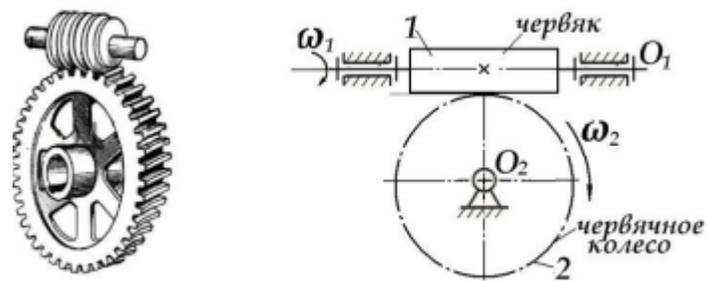


Рис. 4. Вид и схема червячной передачи

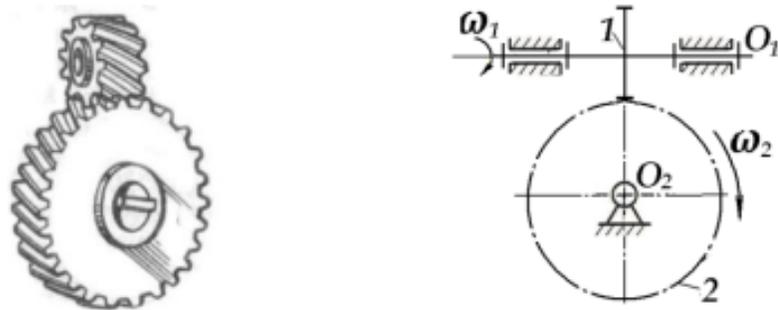


Рис. 5. Вид и схема винтовой передачи

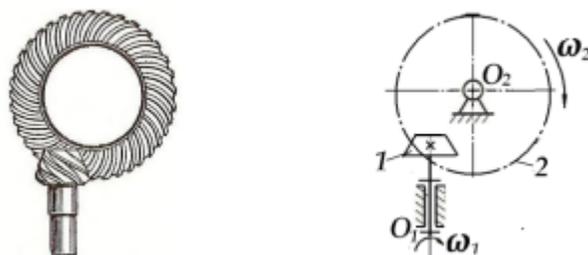


Рис. 6. Вид и схема гипоидной передачи

Основным вопросом кинематики механизмов является определение скоростей ведомых звеньев при заданных скоростях ведущих звеньев, а также определение передаточных отношений механизмов. Передаточным отношением называется отношение угловых скоростей (чисел оборотов) двух звеньев. Принято обозначать передаточное отношение буквой i и ставить при этой букве индексы, указывающие номера соответствующих звеньев. Например, если нас интересует отношение угловых скоростей звеньев 1 и 2, то

$$i_{1-2} = \omega_1 / \omega_2 .$$

В зависимости от совпадения или несовпадения угловых скоростей передаточное отношение имеет различный знак. Если угловые скорости звеньев имеют противоположные знаки, передаточное отношение будет отрицательным. Если угловые скорости имеют один знак, то передаточное отношение будет положительным.

2. Определение передаточных отношений рядовых механизмов

Наибольшее распространение в технике получили цилиндрические передачи, оси которых параллельны (рис. 7).

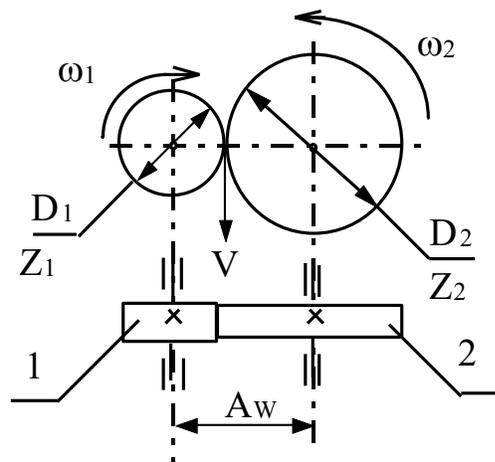


Рис. 7. Кинематическая схема цилиндрической передачи

Основной кинематической характеристикой зубчатой передачи является ее передаточное отношение “U” - отношение частоты вращения ведущего колеса 1 к частоте вращения ведомого 2:

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

На рис.1 показаны: A_W - межцентровое расстояние; d_1, d_2 - диаметры начальных (делительных) окружностей; z_1, z_2 - число зубьев колес, V - линейная скорость точки контакта начальных окружностей, катящихся друг по другу без проскальзывания.

С учетом данных обозначений выражение (1) можно преобразовать к виду:

$$U = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{V}{d_1/2} \cdot \frac{d_2/2}{V} = \pm \frac{d_2}{d_1} = \pm \frac{mz_2}{mz_1} = \pm \frac{z_2}{z_1} = \pm i;$$

где $i = \frac{z_2}{z_1}$ - передаточное число.

Знаки “+” или “-” перед передаточным отношением означают, что ведущее и ведомое колеса вращаются соответственно в одну или в разные стороны.

Для большинства передач $U=1...4$, однако для специальных видов передач “U” может достигать значений $U= 10...300$, а межцентровое расстояние A_W может принимать значения от нескольких миллиметров до нескольких метров.

3. Сложные зубчатые передачи

Кроме простых, в технике широко применяются и сложные зубчатые передачи, т.е. такие которые содержат более одной пары зубчатых колес с неподвижными осями. Примеры таких передач представлены на рис.8 и рис. 9.

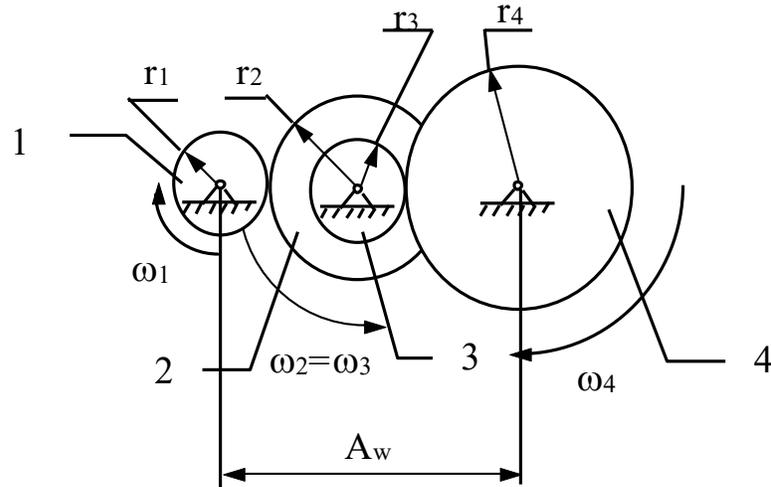


Рис. 8. Кинематическая схема сложной зубчатой передачи с внешними зацеплениями

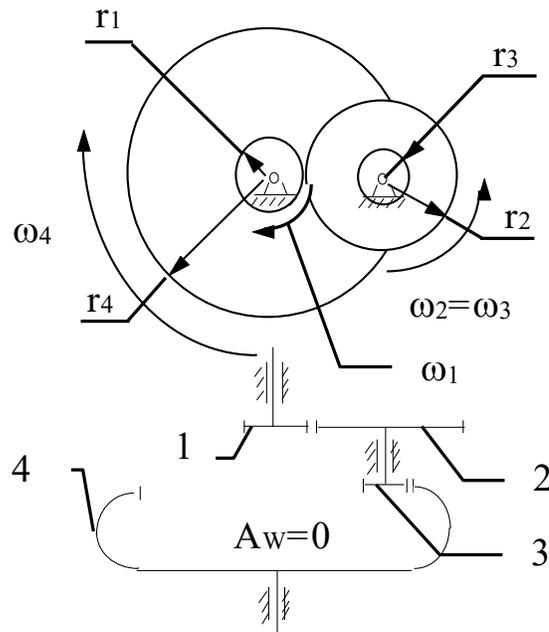


Рис.9. Кинематическая схема сложной зубчатой передачи с внешним и внутренним зацеплениями

Каждый из показанных механизмов содержит три подвижных звена (1,2=3,4), которые со стойкой (с корпусом передачи) образуют

три пары пятого класса (подшипники), а между собой - две пары четвертого класса (1-2, 3-4). Поэтому согласно формуле Чебышева число степеней свободы изображенных сложных передач составляет:

$$W = 3 * 3 - 2 * 3 - 2 = 1.$$

Следует подчеркнуть, что при любом усложнении зубчатого механизма с неподвижными осями его число степеней свободы никогда не может превысить 1.

Определим передаточное отношение U_{14} сложной зубчатой передачи.

Для передачи (рис. 8):

$$U_{14} = \frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \frac{\omega_3}{\omega_4} = U_{12} \cdot U_{34} = -\frac{r_2}{r_1} \left(-\frac{r_4}{r_3} \right) = \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3} > 0$$

Знак “плюс” передаточного отношения U_{14} показывает, что входной и выходной валы вращаются в одну и ту же сторону.

Для передачи (рис. 9):

$$U_{14} = \frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \frac{\omega_3}{\omega_4} = U_{12} \cdot U_{34} = -\frac{r_2}{r_1} \frac{r_4}{r_3} = -\frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3} < 0.$$

Применяя сложную передачу, можно получить значительно большее передаточное отношение, чем у простой передачи. Можно также получить и требуемое межосевое расстояние a_w , например, сложную передачу можно выполнить как соосный механизм, у которого оси входного и выходного валов расположены на одной прямой $a_w=0$ (рис.12.6), что невозможно в простой передаче.

Для определения передаточного отношения сложной зубчатой передачи с произвольным количеством зубчатых колес удобно использовать формулу Виллиса:

$$U = (-1)^b \frac{\prod_{i=1}^n Z_{\%a\%b}}{\prod_{i=1}^n Z_{\%a\%c}}$$

где $\prod_{i=1}^n Z_{\%a\%b}$ - произведение чисел зубьев ведомых колес;

$\prod_{i=1}^n Z_{\%k}$ - произведение чисел зубьев ведущих колес;

к - число внешних зацеплений.

Если $|U| > 1$ - передачи являются понижающими и называются редукторами; если $0 < |U| < 1$ - передачи повышающие и называются мультипликаторами.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Изобразить кинематическую схему предложенного зубчатого механизма, дать необходимые обозначения.

4.2. Рассмотреть структуру механизма, определить его степень подвижности.

4.3. Составить таблицу зубчатых колес механизма с указанием чисел зубьев.

4.4. Выделить в составе механизма отдельные ступени, получить формулы для расчета передаточных отношений.

4.5. Вычислить общее передаточное отношение механизма и передаточное отношение между какими – либо звеньями по указанию преподавателя.

4.6. Определить общее передаточное отношение механизма опытным путём, подсчитав число оборотов входного звена приходящиеся на 10 оборотов выходного.

4.7. Сделать вывод по работе.

5. Контрольные вопросы

1. Что такое передаточное отношение?

2. В каких случаях передаточное отношение имеет знак? Что он характеризует?

3. Что такое зубчатая передача?

4. Что такое зацепление? Какие бывают зацепления?

5. Что такое блок зубчатых колес?

6. Какой зубчатый механизм называется рядом? Какие бывают ряды зубчатых колес?

7. Составьте схему ступенчатого ряда и запишите для него формулу передаточного отношения.
8. Составьте схему паразитного ряда и запишите для него формулу передаточного отношения.
9. Как определить величину и знак передаточного отношения ступенчатого и паразитного рядов?
10. Для чего используются зубчатые механизмы?

Библиографический список:

1. Теория механизмов и машин : [учебник для студентов по направлениям подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)"] / П. Н. Учаев [и др.] ; под общ. ред. П. Н. Учаева. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. - 296 с. - Текст : непосредственный.

2. Яцун, С. Ф. Основы функционирования технических систем: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.03.01 Машиностроение, 23.03.01 Технологии транспортных комплексов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын, Е. Н. Политов; Юго-Западный государственный университет. - Курск : Университетская книга, 2019. - 195 с. - Текст: непосредственный.

3. Теория механизмов и машин: учебное пособие / М. А. Мерко, А. В. Колотов, М. В. Меснянкин, А. А. Шаронов; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2015. – 248 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497728> (дата обращения: 06.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.

4. Яцун, С. Ф. Кинематика, динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 08.06.01 "Техника и технология строительства", 08.04.01 "Строительство" и

06.06.01 "Метрология, стандартизация и сертификация" / С. Ф. Яцун, В. Я. Мищенко, Е. Н. Политов. - Москва: ИНФРА-М : Альфа-М, 2015. - 207 с. - Текст: непосредственный.

5. Локтионова, О. Г. Лекции по теоретической механике: учебное пособие : [для студентов инженерно-технических специальностей всех форм обучения] / О. Г. Локтионова, С. Ф. Яцун, О. В. Емельянова; ЮЗГУ. - Курск: ЮЗГУ, 2014. - 185 с. - Текст: электронный.

6. Социально-экономические аспекты технологической модернизации современного машиностроительного производства : монография / ред. совет: С. Г. Емельянов (пред.) [и др.] ; гл. ред. А. В. Киричек. - М. : Спектр, 2013. - 288 с. - Текст : непосредственный.

7. Андреев, В. И. Техническая механика: учебник / В. И. Андреев, А. Г. Паушкин, А. Н. Леонтьев. - М. : АСВ, 2012. - 251 с. - Текст : непосредственный.