

ОПД.Ф.02.03 ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ
ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ
Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Цель работы – изучить различные виды зубчатых передач, научиться определять тип и вид зубчатых передач, их передаточные отношения и передаточные числа.

Задание:

1. Начертить кинематическую схему зубчатой передачи и определить ее подвижность (число степеней свободы).
2. Определить передаточное отношение и передаточное число одноступенчатых и многоступенчатых зубчатых передач.

Теоретическое введение

Зубчатая передача

Зубчатая передача – трехзвенный механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колесами, образующими с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару (рис.1).

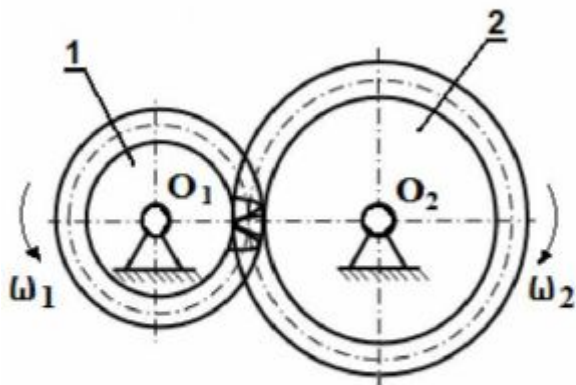


Рис.1. Зубчатая передача с внешним зацеплением

Парное зубчатое колесо – зубчатое колесо передачи, рассматриваемое по отношению к другому зубчатому колесу данной передачи. Зубчатое колесо 2 (рис.1) является парным колесу 1, зубчатое колесо 1 парное колесу 2.

Шестерня – зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев.

Колесо – зубчатое колесо передачи с большим числом зубьев.

Передаточное отношение зубчатой передачи – это отношение угловой скорости ведущего зубчатого колеса к угловой скорости ведомого зубчатого колеса.

Ведущее зубчатое колесо – зубчатое колесо передачи, которое сообщает движение парному зубчатому колесу.

Ведомое зубчатое колесо – зубчатое колесо передачи, которому сообщает движение парное зубчатое колесо.

Передаточное отношение u_{12} (иногда используется обозначение i_{12}) определяется при ведущем колесе 1, передаточное отношение u_{21} определяется если ведущим является колесо 2:

$$u_{12} = \pm \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{n_1}{n_2},$$

$$u_{21} = \pm \frac{\omega_2}{\omega_1} = \pm \frac{n_2}{n_1}.$$



Рис.2. Виды зубчатых зацеплений: внешнее (слева) и внутреннее

Передаточное число зубчатой передачи – это отношение числа зубьев ведомого зубчатого колеса к числу зубьев ведущего колеса. Передаточное число зубчатой передачи определяется по формуле:

$$u_{12} = \pm \frac{z_2}{z_1}$$

$$u_{21} = \pm \frac{z_1}{z_2},$$

где z_1 и z_2 - числа зубьев колес 1 и 2, соответственно.

Знак «+» берется для внешнего зацепления (рис.1 и рис.2), знак «-» для внутреннего зацепления. Виды зацеплений приведены на рис.2. Знаки учитываются только для зубчатых передач с параллельными осями вращения колес.

Типы зубчатых передач

Цилиндрическая зубчатая передача (показана на рис.3, ее кинематическая схема – на рис.1) - зубчатая передача с параллельными осями, у зубчатых колес которой аксоидные, начальные и делительные поверхности цилиндрические. В этих передачах относительное расположение осей вращения колес определяется только межосевым расстоянием.

Аксоидная поверхность зубчатого колеса каждая из поверхностей, описываемых мгновенной осью относительного движения зубчатых колес передачи, относящаяся к данному зубчатому колесу. В цилиндрической и конической передачах начальные поверхности совпадают с аксоидными.

Коническая зубчатая передач (показана на рис.3) - зубчатая передача с пересекающимися осями, у зубчатых колес которой аксоидные, начальные и делительные поверхности конические. В этих передачах относительное расположение осей вращения колес определяется только углом между осями.

Ортогональная зубчатая передача (показан на рис.3) коническая зубчатая передача, угол между осями которой равен 90° .

Неортогональная зубчатая передача коническая зубчатая передача, угол между осями которой отличен от 90° .

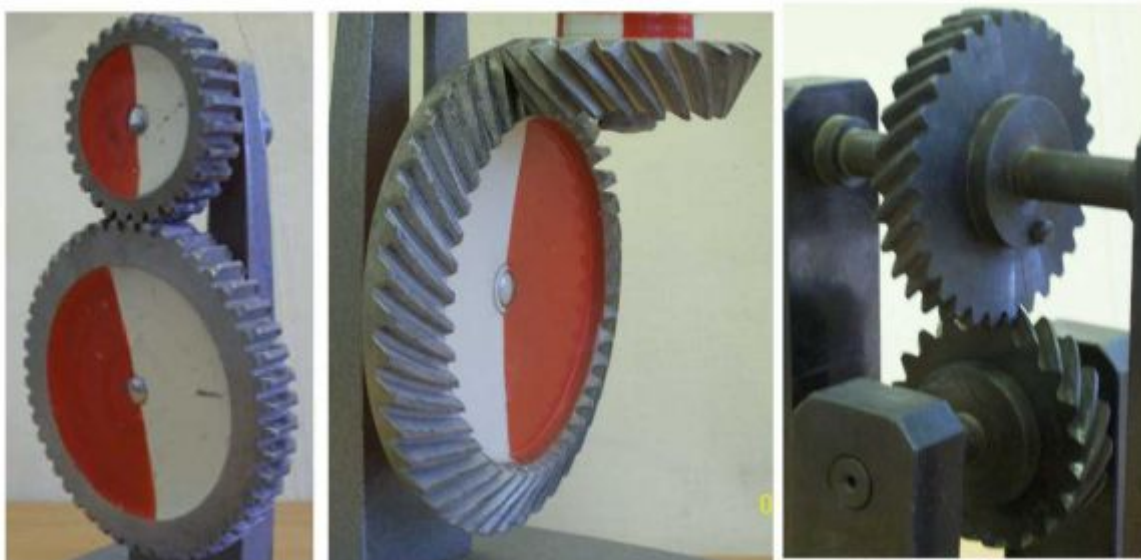


Рис.3. Типы зубчатых передач: цилиндрическая (слева), коническая (в центре), винтовая зубчатая передача

Зубчатая передачи со скрещивающимися осями вращения колес (рис.3) - зубчатая передача, в которой относительное расположение осей вращения колес определяется межосевым расстоянием и углом между осями. Существует много вариантов таких механизмов. На рис.3 показана винтовая зубчатая передача, угол между осями которой составляет 90° . Другой вариант передачи с углом между осями в 90° - червячная передача (рис.4). Шестерня червячной передачи называется червяком (поз.1 на рис.4), а колесо – червячным колесом (поз.2 на рис.4). Вторая передача, показанная на рис.4, называется гиперболоидной. Аксиоиды ее зубчатых колес – однополостные гиперболоиды вращения.

Для конических зубчатых передач и передач со скрещивающимися осями передаточное отношение определяется по тем же формулам, что и для цилиндрических передач, но без учета знаков.

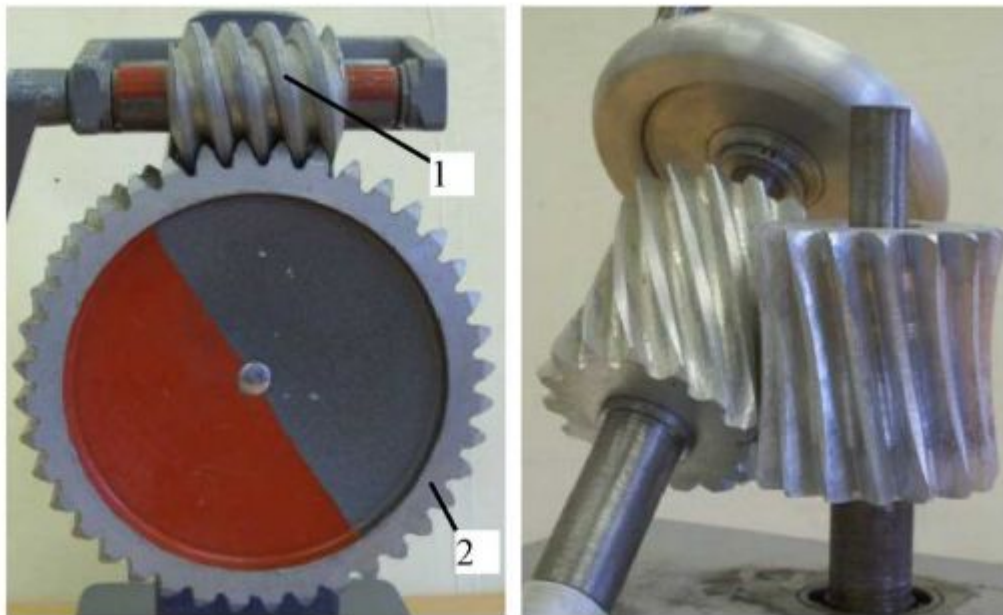


Рис.4. Червячная (слева) и гиперболоидная зубчатая передача

Виды зубчатых колес

В зависимости от вида зубьев зубчатые колеса цилиндрических передач делятся на прямозубые (рис.3 слева), косозубые и шевронные



Рис.5. Виды зубчатых колес: цилиндрическое косозубое (слева), шевронное (в центре), коническое прямозубое

(рис.5). Зубчатые колеса конических передач – на прямозубые (рис.5), тангенциальные, с круговым зубом (рис.3 в центре), с криволинейным зубом.

В зависимости от профиля зубьев зубчатые колеса и передачи делятся на эвольвентные (рис.2, рис.6), циклоидальные, зубчатые колеса

цилиндрической передачи Новикова (рис.6), профили зубьев которой контактируют по дуге окружности.

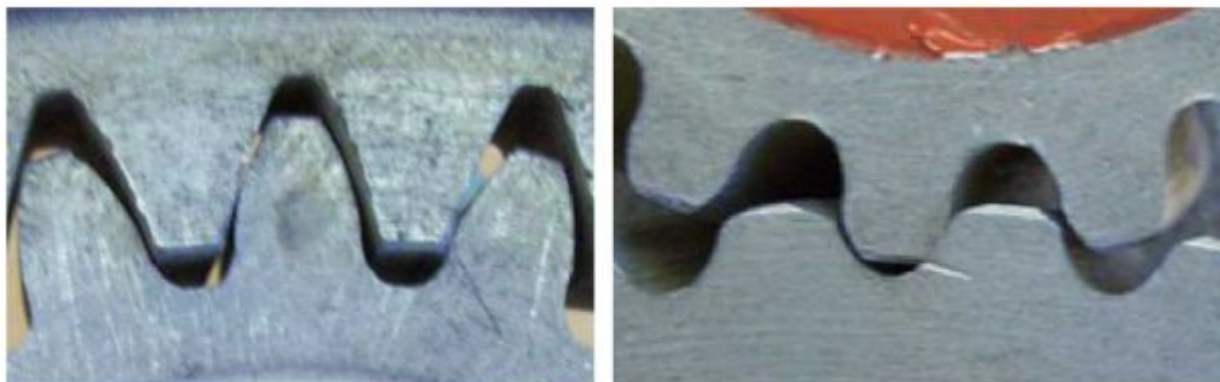


Рис.6. Виды зубчатых колес: с эвольвентным профилем зубьев (слева), зубчатые колеса передачи Новикова

МНОГОСТУПЕНЧАТЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Зубчатые передачи с неподвижными осями вращения колес

Простейший зубчатый механизм (рис.1) состоит из двух зубчатых колес ведущего и ведомого, которые одновременно являются входным и выходным, соответственно. Для получения необходимых передаточных

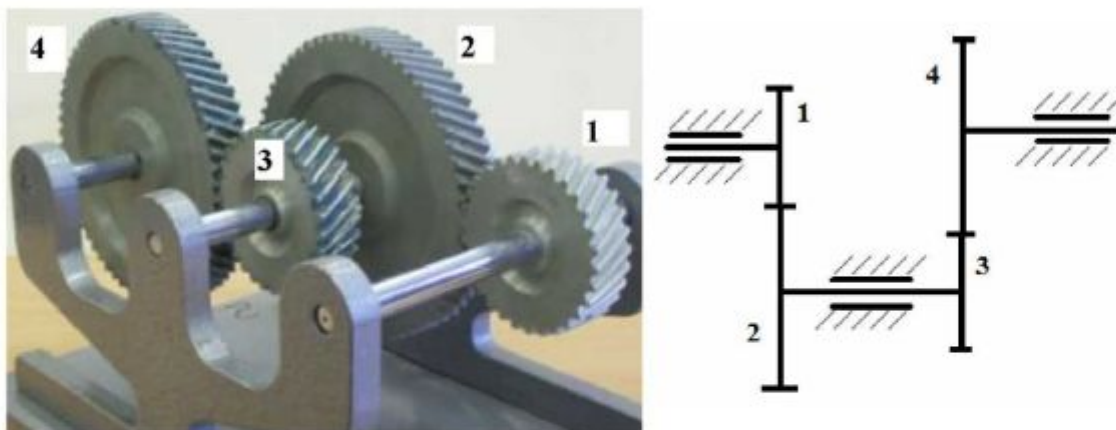


Рис.7. Двух ступенчатая зубчатая передача и ее кинематическая схема

отношений в машинах и приборах часто применяют сложные зубчатые механизмы, имеющие кроме входного и выходного колес несколько промежуточных колес, каждое из которых вращается вокруг своих осей. Применение сложных механизмов объясняется различными причинами. Например, оси входного и выходного колес расположены далеко друг от

друга. В этом случае непосредственная передача вращения при помощи двух колес потребовала бы создания передачи с большими габаритами. В другом случае передаточное отношение может быть очень велико или очень мало, тогда удобно между входным и выходным колесами иметь промежуточные колеса со своими осями. Передавая вращение с входного колеса на промежуточные колеса и с них на выходное колесо, мы как бы последовательно отдельными *ступенями* изменяем скорость вращения звеньев, получая в результате требуемые передаточные отношения между входным и выходным колесами.

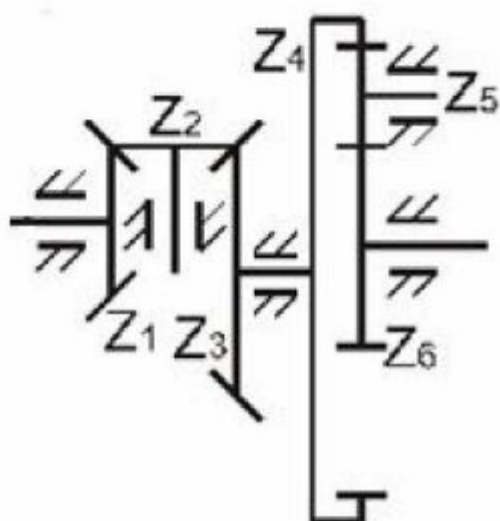


Рис.8. Многоступенчатая зубчатая передача с паразитными колесами

Таким образом, сложный механизм передачи можно разделить на отдельные части – *ступени*, каждая из которых представляет собой два колеса, образующих зубчатое зацепление. В соответствии с указанным бывают одно- и многоступенчатые передачи, по большей части двух- и трехступенчатые (рис.7). Количество ступеней равно числу зубчатых зацеплений, образованных зубчатыми колесами механизма. Одно колесо может входить в несколько ступеней (рис.8). Любая ступень может представлять собой цилиндрическую, коническую, червячную, глобоидную и т.д. передачу. На рис.8 показан многоступенчатый механизм, содержащий цилиндрические и конические ступени.

Общее передаточное число (отношение) зубчатой передачи при последовательном соединении ступеней равно произведению передаточных чисел входящих в них ступеней. Для передачи на рис.7:

$$u_{14} = u_{12} \cdot u_{34} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \left(-\frac{z_4}{z_3}\right) = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3}.$$

Зубчатые колеса, числа зубьев которых не влияют на общее передаточное отношение механизма, называются паразитными колесами.

Для четырехступенчатой передачи, показанной на рис.8, передаточное число равно:

$$u_{16} = u_{12} \cdot u_{23} \cdot u_{45} \cdot u_{56} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_2} \cdot \frac{z_5}{z_4} \cdot \frac{z_6}{z_5} = \frac{z_3}{z_1} \cdot \frac{z_6}{z_4}.$$

Знаки ступеней не учитываются так как передача включает кроме цилиндрических и конические ступени. Зубчатые колеса с числами зубьев z_2 и z_5 являются паразитными, каждое из них входит в два зубчатых зацепления.

Планетарные зубчатые передачи

В некоторых многоступенчатых зубчатых передачах оси отдельных колес являются подвижными. Такие зубчатые механизмы с одной степенью свободы называются планетарными механизмами (рис.9), а с двумя и более степенями свободы – дифференциальными механизмами или просто дифференциалами. В этих механизмах колеса с подвижными осями вращения называются сателлитами (звено 2 на рис.9), а звено, в котором установлены сателлиты – водилом. На схемах водило принято обозначать буквой Н. Зубчатые колеса, оси которых совпадают с осью вращения водила, называются центральными (звенья 1 и 4 на рис.9). Сателлиты бывают одновенцовые (левый рисунок) и многовенцовые.

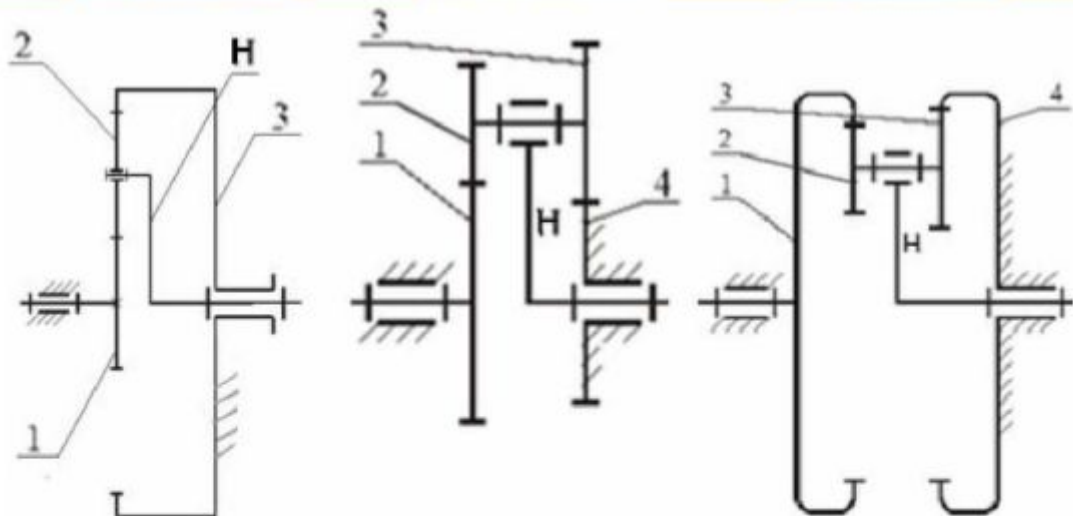
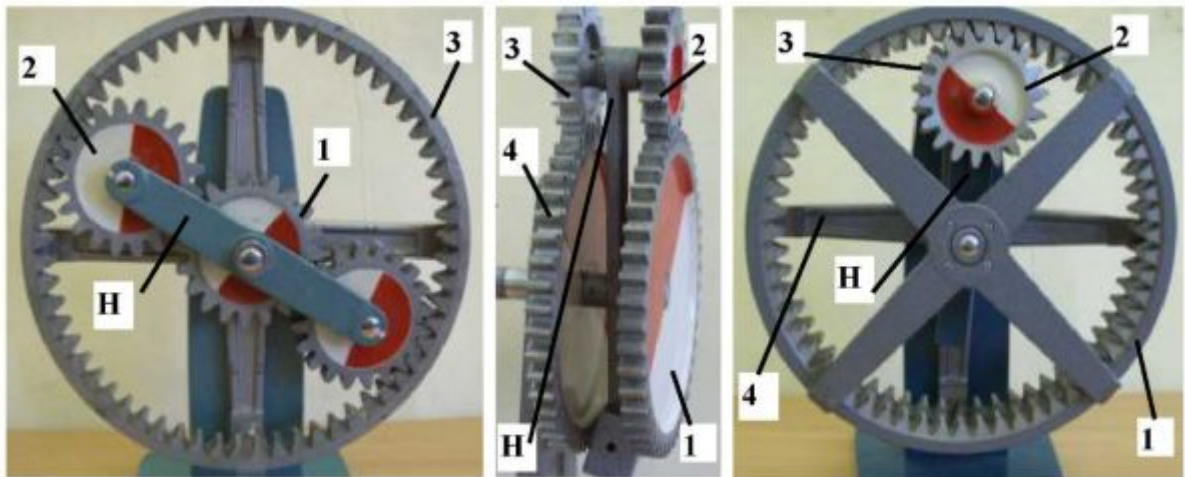


Рис.9. Планетарные зубчатые передачи и их кинематические схемы: передача с одним внешним и одним внутренним зацеплением (слева), передача с двумя внешними зацеплениями (в центре), передача с двумя внутренними зацеплениями

Передаточное число планетарного механизма определяется по формуле:

$$u_{1H}^{(4)} = 1 - u_{14}^{(H)}; \quad u_{14}^{(H)} = u_{12}^{(H)} u_{34}^{(H)}; \quad u_{12}^{(H)}, u_{34}^{(H)} \text{ — передаточные числа ступеней (с учетом знаков) при остановленном водиле}$$

На рис.10 приведены формулы для определения передаточных чисел планетарных механизмов. Передаточные числа между подвижным центральным колесом и водилом связаны соотношением:

$$u_{H1} = \frac{1}{u_{1H}}$$

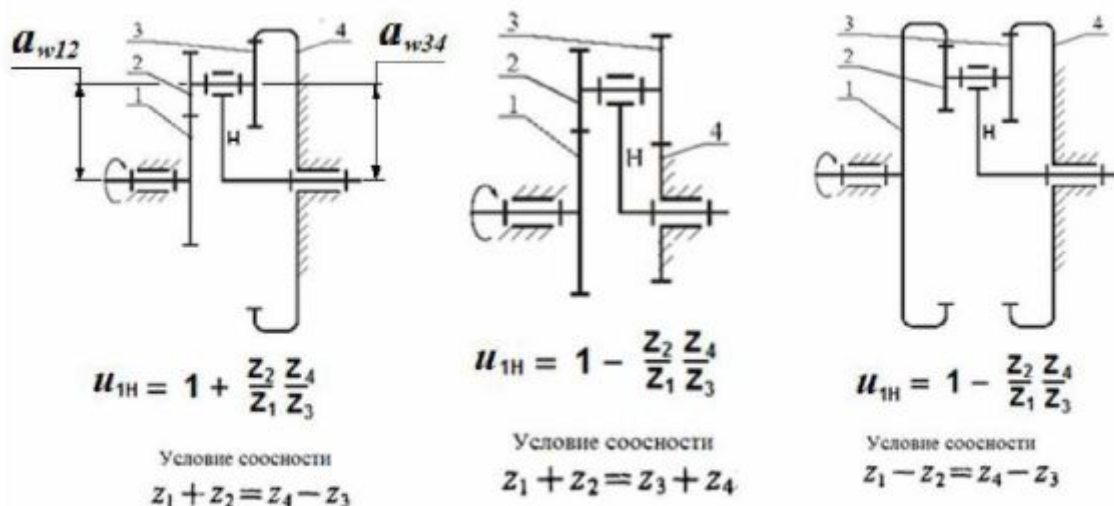


Рис.10. Определение передаточных чисел планетарных механизмов.

При выборе чисел зубьев колес планетарных зубчатых передач для них проверяются условия:

1. Условие соосности, обеспечивающее совпадение осей центральных зубчатых колес и водила: $a_{w12} = a_{w34}$ (рис.10). Условия, приведенные на рис.10, получены для планетарных передач, зубчатые колеса которых имеют одинаковый модуль.

2. Условие соседства, обеспечивающее совместное размещение нескольких сателлитов по общей окружности в одной плоскости, без соприкосновения вершин зубьев соседних сателлитов:

$$\sin \frac{\pi}{k} > \frac{z_c^{\max} + 2h_a^*}{z_1 + z_2}$$

z_c^{\max} – максимальное число зубьев зубчатого венца сателлита
 k – число сателлитов

Условие соседства получено для планетарных передач, у которых сателлиты располагаются равномерно по окружности водила.

3. Условие сборки зубчатых колес передачи, определяющее возможность сборки передачи при использовании нескольких сателлитов:

$$\frac{z_1 u_{1H}}{k} (1 + k\Pi) = \text{Ц}$$

Π - число полных поворотов
водила 0, 1, 2, 3, ...

Ц - целое число 1, 2, 3, ...

Оборудование

Макеты цилиндрических, конических, червячных, многоступенчатых и планетарных зубчатых механизмов.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание и лабораторные макеты у преподавателя.

Каждый студент должен определить передаточное отношение и передаточное число пяти зубчатых передач:

- 1) цилиндрической зубчатой передачи;
- 2) конической зубчатой передачи;
- 3) зубчатой передачи со скрещивающимися осями;
- 4) многоступенчатой передачи с неподвижными осями колес;
- 5) планетарной зубчатой передачи.

2. Для каждой передачи:

2.1. Нарисовать кинематическую схему.

2.2. Дать полное название зубчатой передачи (определить ее тип и вид).

Например, механизм, показанный на рис.7, называется *цилиндрическая косозубая эвольвентная зубчатая передача*.

2.3. Определить подвижность передачи по формуле Малышева для плоских механизмов.

2.4. Опытным путем определить передаточное отношение зубчатой передачи. Для этого посчитать число оборотов ведущего колеса соответствующее целому числу оборотов ведомого колеса.

2.5. Рассчитать передаточное число аналитически. Для чего посчитать числа зубьев колес передачи и по формулам найти передаточное число.

Для сложных зубчатых передач определить количество ступеней, указать паразитные колеса. Расчитать передаточное число механизма, выразив его через числа зубьев колес.

2.6. Для планетарной передачи проверить выполнения условий соосности, соседства и сборки.

2.7. Составить сложную зубчатую передачу, соединив последовательно три из рассмотренных зубчатых передач. Нарисовать ее кинематическую схему и определить общее передаточное отношение.

2.8. Все результаты занести в отчет по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

1. Перечислить звенья, входящие в простейшие зубчатые механизмы.
2. Перечислить звенья, входящие в сложные зубчатые механизмы.
3. Цель использования многоступенчатых передач.
4. Перечислить основные типы зубчатых передач.
5. Написать формулу для определения передаточного числа многоступенчатой зубчатой передачи.
6. Написать формулу для определения передаточного числа одноступенчатой зубчатой передачи.
7. В чем достоинства и недостатки прямозубых и косозубых зубчатых колес?
8. Чем планетарная зубчатая передача отличается от непланетарной?
9. Зачем устанавливают несколько сателлитов в планетарном механизме?
10. Как определить передаточное число планетарной зубчатой передачи?
11. Какие условия проверяются для планетарной передачи? В чем их смысл?
12. Когда учитываются знаки передаточных чисел ступеней зубчатой передачи?