

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Гусеничные машины и прикладная механика»

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ПЛАНЕТАРНЫХ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсам «Теория механизмов и машин», «Прикладная механика»
для студентов направлений:
190109.65, 190110.65, 150700.62,
151900.62, 190600.62; 190700.62; 140400.62;
220400.62; 220700.62; 221700.62; 222000.62

Курган 2013

Кафедра: «Гусеничные машины и прикладная механика»

Дисциплины: «Теория механизмов и машин» (190109.65, 190110.65,
150700.62, 151900.62, 190600.62; 190700.62);
«Прикладная механика» (140400.62, 220400.62,
220700.62; 221700.62; 222000.62).

Составил: канд. техн. наук, доцент Н.Н. Крохмаль,
д-р техн. наук, доцент Г.Ю. Волков

Утверждены на заседании кафедры «11» «апреля» 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета «23» «сентября» 2013 г.

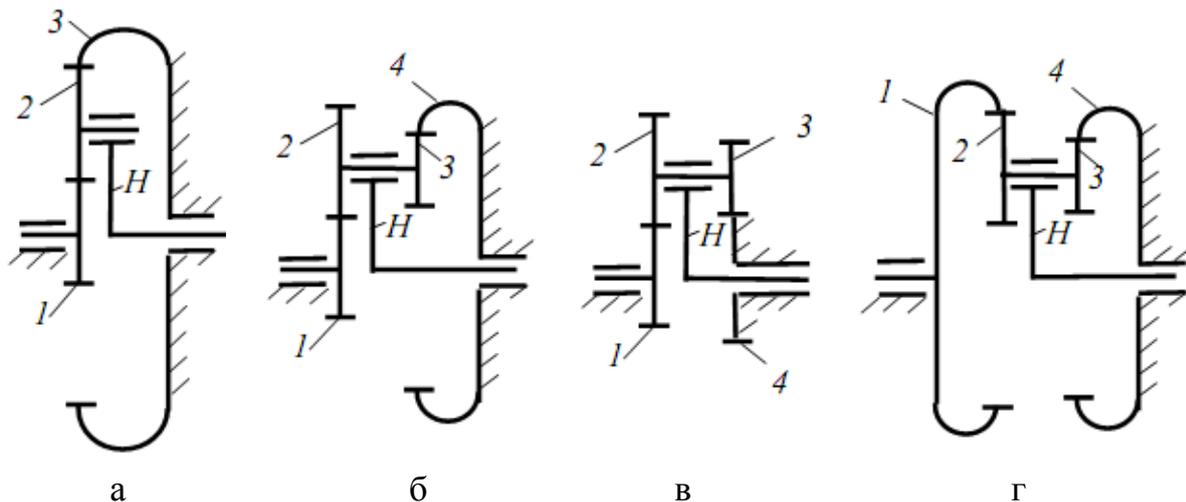
ВВЕДЕНИЕ

Цель работы – ознакомление с различными видами планетарных зубчатых механизмов, изучение их кинематики, овладение практическими навыками в составлении кинематических схем, определение передаточного отношения и его опытная проверка.

Оборудование и принадлежности: модель механизма, линейка, карандаш, калькулятор.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

Планетарным механизмом называется зубчато-рычажный механизм, содержащий зубчатые колеса с подвижными осями вращения. Кинематические схемы некоторых планетарных механизмов изображены на рисунке 1.



а) – однорядный (Джемса), б) – с внешним и внутренним зацеплениями в) – с двумя внешними зацеплениями (Давида), г) – с двумя внутренними зацеплениями (Давида),

Рисунок 1 – Планетарные механизмы (плоские)

Центральными звеньями в планетарном механизме называются зубчатые колёса с неподвижной общей осью вращения и водило. В механизме, изображенном на рисунке 1 а), колёса 1 и 3 являются центральными, на рисунках б), в) и г) центральными являются колёса 1 и 4.

Сателлитами называются зубчатые колёса с подвижными осями вращения. В механизме на рисунке 1 а) сателлитом является колесо 2. В механизмах на рисунках б), в) и г) сателлитом является блок колес 2 и 3.

Водилом называется звено (рычаг), на котором расположены оси вращения сателлитов. В схемах на рисунке 1 водило обозначено *H*.

Зубчатые планетарные механизмы подразделяются на **дифференциальные механизмы**, число степеней свободы которых равно двум и более, и **планетарные передачи** с одной степенью свободы, у которых одно из центральных колес неподвижно.

Если в планетарном механизме остановить водило и сообщить центральным колесам дополнительно угловую скорость равную скорости водила, но направленную в противоположную сторону, то получится **обращённый механизм**, имеющий одну степень свободы. Все зубчатые колеса в таком механизме имеют неподвижные оси вращения. Такой приём мысленного преобразования планетарных механизмов называется способом Виллиса.

Передаточное отношение планетарной передачи от центрального колеса n к водилу H при неподвижном центральном колесе k определяется формулой

$$i_{nH} = 1 - i_{nk}^H,$$

где i_{nk}^H – передаточное отношение обращённого механизма с неподвижным водилом H от колеса n к колесу k .

Для планетарных передач, изображённых на рисунке 1, передаточные отношения определяются следующими формулами. Для однорядной планетарной передачи с паразитной шестерней-сателлитом (рисунок 1а):

$$i_{1H} = 1 - i_{13}^H = 1 - \left(-\frac{z_2}{z_1} \right) \cdot \left(\frac{z_3}{z_2} \right) = 1 + \frac{z_3}{z_1}.$$

Для планетарной передачи с внешним и внутренним зацеплениями (рисунок 1б):

$$i_{1H} = 1 - i_{14}^H = 1 - \left(-\frac{z_2}{z_1} \right) \cdot \left(\frac{z_4}{z_3} \right) = 1 + \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}.$$

Для планетарной передачи с двумя внешними зацеплениями (рисунок 1в):

$$i_{1H} = 1 - i_{14}^H = 1 - \left(-\frac{z_2}{z_1} \right) \cdot \left(-\frac{z_4}{z_3} \right) = 1 - \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}.$$

Для планетарной передачи с двумя внутренними зацеплениями (рисунок 1г):

$$i_{1H} = 1 - i_{14}^H = 1 - \left(\frac{z_2}{z_1} \right) \cdot \left(\frac{z_4}{z_3} \right) = 1 - \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}.$$

Здесь z_1, z_2, z_3, z_4 – числа зубьев колёс передач.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Ознакомится с работой механизма, выявить в нем центральные колеса, сателлиты и водило.
- 2 Составить кинематическую схему зубчатого планетарного механизма. Пронумеровать все зубчатые колеса и обозначить водило и кинематические пары.
- 3 Определить числа зубьев всех зубчатых колес.
- 4 Проверить условие соосности центральных звеньев.
- 5 Определить число степеней подвижности механизма по формуле П.Л. Чебышева.

$$W=3n - 2p_5 - p_4,$$

где n – число подвижных звеньев механизма,

P_5 – число кинематических пар 5-го класса,

P_4 – число кинематических пар 4-го класса (высших).

- 6 Составить кинематическую схему обращенного механизма. Определить передаточное отношение от одного центрального колеса к другому. Определить передаточное отношение механизма расчётным путем.

- 7 Выполнить проверку расчетного передаточного отношения опытным путем, проворачиванием механизма и подсчёта числа оборотов входного звена при условии, что выходное звено совершит один оборот:

$$i_{1H} = \frac{n_{ex}}{n_{вых}}.$$

- 8 Сравнить результаты определения передаточного отношения различными способами. Сделать вывод по работе. При этом следует помнить, что

$$i_{H1} = \frac{1}{i_{1H}}.$$

3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1) В заданном зубчатом механизме, изображённом на рисунке 2, входным звеном является водило H , а выходным – солнечная шестерня 1. Механизм содержит однорядный сателлит 2 и неподвижное зубчатое колесо – эпицикл.

- 2) Используя условные обозначения, изобразим на рисунке 2 кинематическую схему зубчатого механизма. Пронумеруем по порядку все зубчатые колеса.

- 3) Определим числа зубьев колес: $z_1 = 25$, $z_2 = 30$, $z_3 = 85$.

- 4) Обратим внимание на то, что условие соосности выполняется.

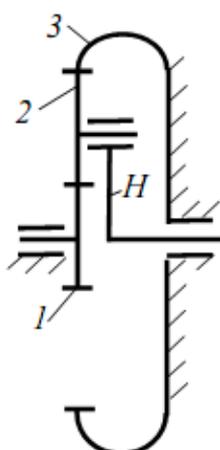


Рисунок 2 – Кинематическая схема планетарного механизма Джеймса

5) Определим степень подвижности механизма:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 2 = 1.$$

6) Определим передаточное отношение механизма по формуле (а) при входном звене 1:

$$i_{1H} = 1 + z_3/z_1 = 1 + 85/25 = 4,4.$$

7) Определим передаточное отношение механизма i_{H1} при входном водиле:

$$i_{H1} = 1/i_{1H} = 1/4,4 = 0,227.$$

8) Выполним проверку расчётного передаточного отношения опытным путём. Для этого повернём колесо 1 передачи на столько оборотов, чтобы звено H совершило один оборот. Число оборотов, которое совершило колесо 1, оказалось $n_1 = 4,5$, поэтому $i_{1H} = n_1 / n_H = 4,5/1 = 4,5$. При входном звене H получим $i_{H1} = 1/i_{1H} = 1/4,5 = 0,222$.

Величины передаточного отношения, полученные двумя способами, имеют относительную погрешность

$$\Delta u_{H1} = ((4,5 - 4,4)/4,4) \times 100\% = 2,23\%,$$

следовательно, результаты определения передаточного отношения выполнены с достаточной точностью.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какой механизм называется планетарным?
- 2 Как называются звенья, входящие в состав планетарного механизма?
- 3 Какой механизм называется дифференциальным?
- 4 Какой механизм называется обращенным?
- 5 Как определяется передаточное отношение обращенного механизма?
- 6 В чем заключается основная задача кинематического анализа планетарной передачи?
- 7 По какой формуле определяется передаточное отношение планетарной передачи от центрального колеса к водилу?
- 8 Как определить передаточное отношение планетарной передачи опытным путем?
- 9 В чём состоит суть метода Виллиса?
- 10 Какая передача называется редуктором Джеймса, а какая редуктором Давида?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Теория механизмов и механика машин : учебник для вузов / К. В. Фролов [и др.] ; под ред. К. В. Фролова. – М. : Изд-во Высш. шк., 2001. – 496 с.
- 2 Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин [Текст] : учебник для вузов / И. И. Артоболевский. – М. : Изд-во Наука, 1985. – 638 с.
- 3 Малахов, А. Н. Теория механизмов и машин [Текст] : учебное пособие для вузов / А. Н. Малахов, Т. А. Балабина; под общ. ред. А.Н.Малахова. – М. : Издат. группа «АСТ», 2008. – 254 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Методические пояснения.....	3
2 Порядок выполнения работы.....	5
3 Пример выполнения работы.....	5
4 Контрольные вопросы.....	7
Список литературы.....	7

Крохмаль Николай Николаевич
Волков Глеб Юрьевич

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ПЛАНЕТАРНЫХ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсам «Теория механизмов и машин», «Прикладная механика»
для студентов направлений:
190109.65, 190110.65, 150700.62,
151900.62, 190600.62; 190700.62; 140400.62;
220400.62; 220700.62; 221700.62; 222000.62

Редактор Е.А. Могутова

Подписано в печать 24.10.13
Печать трафаретная
Заказ 174

Формат 60x84 1/16
Усл.п.л. 0,5
Тираж 25

Бумага тип. № 1
Уч.-изд.л. 0,5
Цена свободная

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.