

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных
производственных систем

ПЛАНЕТАРНЫЕ ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Прикладная механика» для студентов
направлений подготовки 21.05.04 «Горное дело»,
23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Составители В. Н. Ермак
С. В. Герасименко

Утверждены на заседании
кафедры
Протокол № 1 от 30.08.2016

Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления 23.03.01
Протокол № 104 от 01.09.2016

Электронная копия хранится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2016

ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы – научиться определять передаточные отношения в планетарных зубчатых механизмах.

Студенту предлагается одна из десяти схем планетарных механизмов с заданными числами зубьев. Передаточное отношение планетарного механизма определяется двумя методами – аналитически и графически.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Зубчатые передачи с неподвижными осями вращения.

В простейшем случае передача с неподвижными осями содержит только два зубчатых звена (рис. 1).

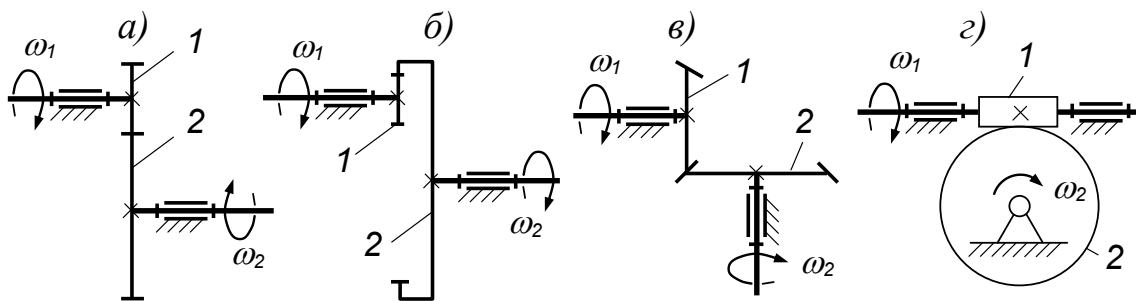


Рис. 1. Простейшие передачи с неподвижными осями:

a – цилиндрическая передача внешнего зацепления;
б – цилиндрическая внутреннего зацепления; *в* – коническая; *г* – червячная

Передаточное отношение $u_{1,2}$ от звена 1 к звену 2 есть отношение угловой скорости звена 1 такой же к скорости звена 2

$$u_{1,2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

Через числа зубьев z_1, z_2 это отношение о выражается формулой

$$u_{1,2} = \pm \frac{z_1}{z_2}. \quad (1)$$

В червячной передаче (рис. 1, *г*) z_1 – это число заходов резьбы червяка 1. Знак передаточного отношения имеет смысл только для цилиндрических передач. «Минус» ставится при вращении колёс в разные стороны (рис. 1, *a*), «плюс» – при вращении в одну сторону (рис. 1, *б*). Для внешнего зацепления передаточное отношение отрицательно, у внутреннего – положительно.

При числе зубчатых звеньев более двух передаточное отношение от первого звена к последнему n -му определяется по формуле

$$u_{1,n} = u_{1,2}u_{2,3}u_{3,4} \dots u_{n-1,n}. \quad (2)$$

Например, для рядовой передачи (рис. 2, *a*)

$$u_{1,3} = u_{1,2}u_{2,3} \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \left(\frac{z_3}{z_2}\right) = -\frac{z_3}{z_1}.$$

Для ступенчатой передачи (рис.2, *б*)

$$u_{13} = u_{12}u_{23} \left(-\frac{z_{2a}}{z_1}\right) \left(-\frac{z_3}{z_{2b}}\right) = \frac{z_{2a}z_3}{z_1z_{2b}}.$$

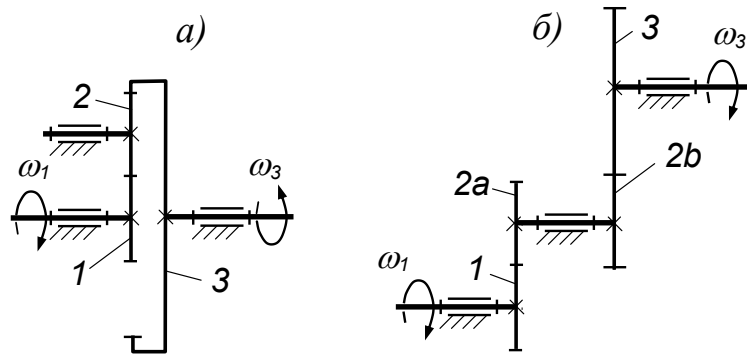


Рис. 2. Цилиндрические зубчатые передачи с неподвижными осями:
a – рядовая; *б* – ступенчатая

Передачи с подвижными осями (планетарные). Схемы простейших планетарных передач показаны на рис. 3, *a*, *б*.

Колесо с подвижной осью – колесо 2 – называется сателлитом. Звено *H*, несущее сателлит, называется водилом. Звенья 1, 3, *H* относятся к центральным.

На рис. 3, *в*, *г*, *д* показаны более сложные планетарные передачи. Сателлит в них состоит из двух зубчатых колёс 2*a*, 2*b* и называется двух-венцовым.

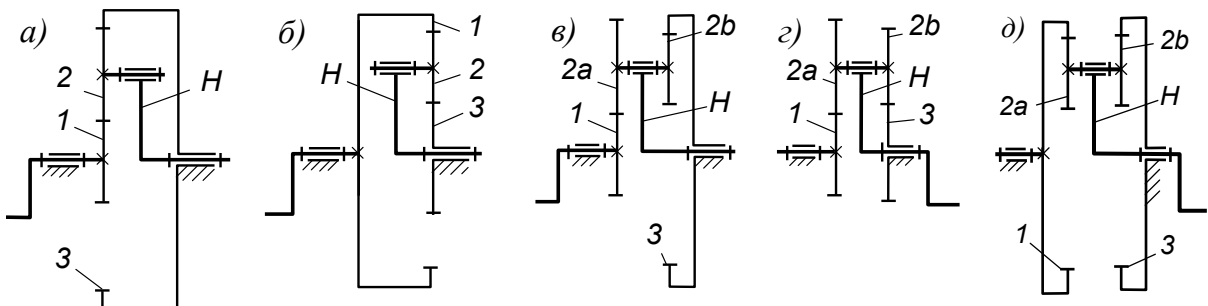


Рис. 3. Планетарные передачи

Для любой схемы планетарной передачи передаточное отношение от центрального колеса 1 к водилу H определяется по формуле

$$u_{1,H}^{(3)} = 1 - u_{1,3}^{(H)}, \quad (3)$$

где $u_{1,3}^{(H)}$ – передаточное отношение от колеса 1 к колесу 3 относительно водила или, иначе, после перестановки механизма на водило, то есть его остановки.

В результате перестановки на водило планетарная передача превращается в обыкновенную – с неподвижными осями колёс (рис. 4).

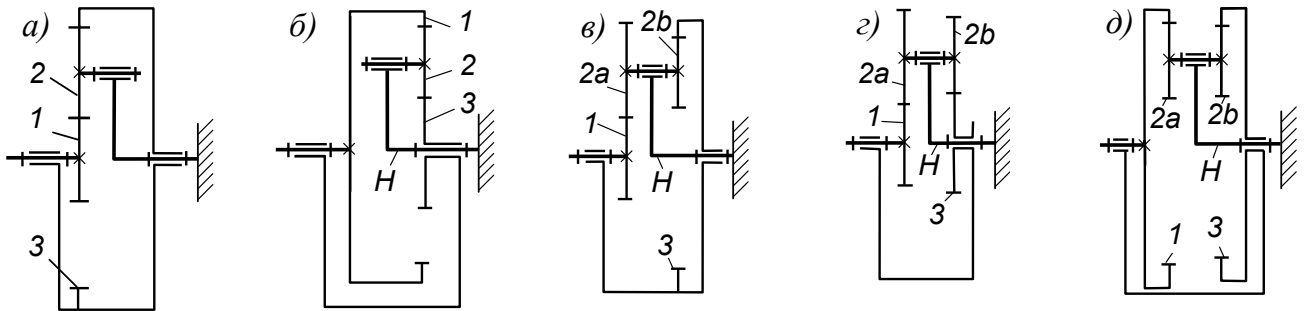


Рис. 4. Планетарные передачи по рис. 1 после перестановки их на водило

При неподвижных осях передаточное отношение определяется по формуле (2). Найдя его и подставив в формулу (3), получают искомое $u_{1,H}^{(3)}$.

Пример. Требуется определить передаточное отношение $u_{1,H}$ для механизма, показанного на рис. 5, а.

Согласно формуле (3), $u_{1,H}^{(3)} = 1 - u_{1,3}^{(H)}$. Для определения $u_{1,3}^{(H)}$ переставим механизм на водило (рис. 5, б). В результате перестановки механизм превратился в передачу с неподвижными осями колёс.

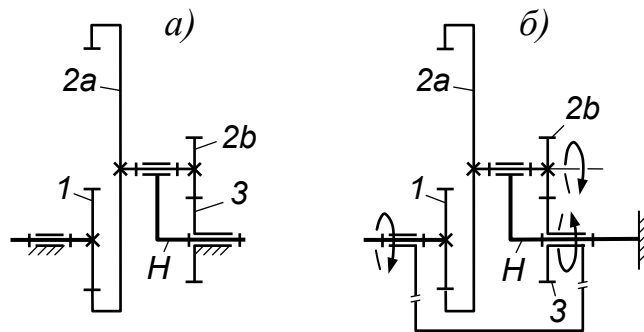


Рис. 5. Планетарная передача:
а – в исходном состоянии; б – после перестановки на водило

Для такой передачи

$$u_{1,3}^{(H)} = u_{1,2}^{(H)} u_{2,3}^{(H)} = \left(\frac{z_{2a}}{z_1} \right) \left(- \frac{z_3}{z_{2b}} \right).$$

Подставляя $u_{1,3}^{(H)}$ в исходное уравнение, получим

$$u_{1,H}^{(3)} = 1 + \frac{z_{2a} z_3}{z_1 z_{2b}}.$$

Все вышеуказанное из теории относится к аналитическому методу определения передаточных отношений зубчатых механизмов.

Передаточное отношение планетарной передачи определяют также графически. Это можно сделать с помощью картины линейных скоростей. Чтобы её построить, схему передачи дополняют видом вдоль оси (рис. 6, справа).

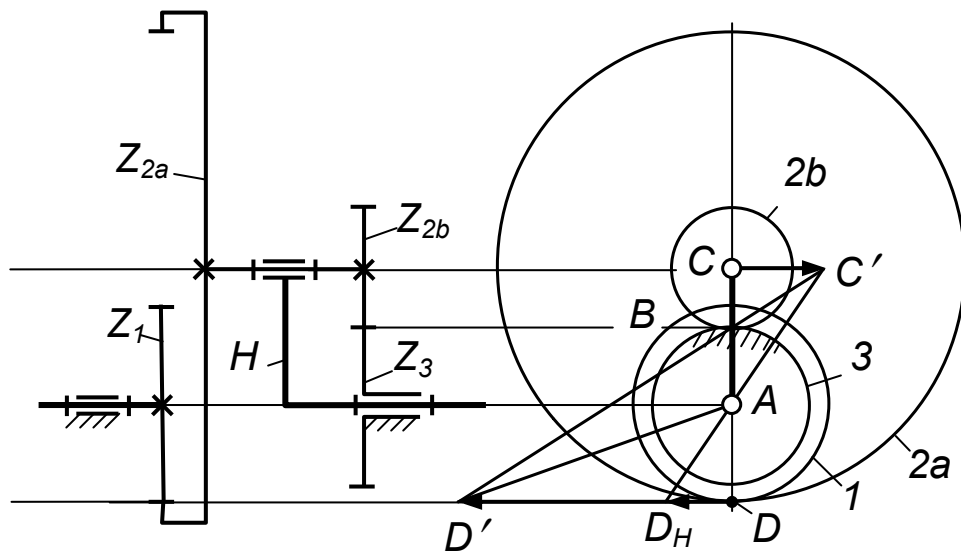


Рис. 6. Картина линейных скоростей

Схема планетарного механизма строится в определенном масштабе пропорционально заданным числам зубьев. Справа от этой схемы в произвольном месте восстанавливается перпендикуляр, на который переносятся характерные точки механизма: центры колёс – A , C и полюса зацеплений – B , D . Обозначив названные точки, находят мгновенный центр вращения сателлита – B . Он всегда лежит в точке касания окружности неподвижного колеса с окружностью сателлита.

Задавшись скоростью одной из обозначенных точек, например D_1 , определяют скорости других точек, лежащих на линии CD .

Пусть скорость точки D_1 изображает вектор DD' тогда, соединяя точку D' с центром вращения A колеса 1 , получают линию AD' распределения скоростей этого колеса. Такую же скорость – DD' имеет точка D са-

теллита. Соединяя D' с мгновенным центром вращения сателлита, получают для него линию распределения скоростей BD' . Продолжая эту линию, находят скорость CC' в геометрическом центре сателлита. Скорость CC' имеет также точка C водила. Соединяя точку C' с центром A вращения водила, получают линию AC' распределения скоростей водила. На этом построение картины линейных скоростей закончено.

Чтобы определить передаточное отношение u_{1H} , достаточно сравнить скорости колеса I и водила в точках, одинаково удалённых от осей вращения этих звеньев. Пусть это будут точки D_1 и D_H . Скорость первой из этих точек уже построена. Продолжая линию распределения скоростей водила – AC' , получают вектор DD_H , изображающий скорость точки D_H . Искомое

$$u_{1,H}^{(3)} = \frac{DD'}{DD_H}.$$

ПОРЯДОК РАБОТЫ

1. Получите одну из десяти схем планетарных механизмов (приложение А, табл. 1) и варианты чисел зубьев (приложение А, табл. 2).
2. Начертите схему предложенного планетарного механизма – с известными числами зубьев в определенном масштабе.
3. По формулам (2), (3) определите передаточное отношение этого механизма в направлении от самого быстроходного звена к самому тихоходному после перестановки механизма на водило (аналитически). Постройте картину линейных скоростей.
4. Определите графически передаточное отношение планетарного механизма.

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Лабораторная работа выполняется на масштабнo-координатной бумаге формата А3. Отчёт содержит схему механизма (в масштабе), картину линейных скоростей и расчёт передаточного отношения $u_{1,H}^{(3)}$ планетарного механизма аналитическим и графическим методами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие передачи называют рядовыми, ступенчатыми, планетарными?
2. Напишите формулу передаточного отношения механизма с неподвижными осями колёс.
3. Укажите направление скорости какой-либо точки сателлита.
4. Как строится картина линейных скоростей и как по ней определяется передаточное отношение?
5. По картине линейных скоростей определите скорость произвольно выбранной точки одного из звеньев. Точку разместите в стороне от осевой линии CD .

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – М. : Альянс, 2012. – 640 с.
2. Ермак, В. Н. Теория механизмов и машин (краткий курс) : учебное пособие / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева». – Кемерово, 2011. – 164 с. – Доступна электронная версия: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90546&type=utchposob:common>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1

<p>0</p>	<p>1</p>
<p>2</p>	<p>3</p>
<p>4</p>	<p>5</p>
<p>6</p>	<p>7</p>
<p>8</p>	<p>9</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 2

Номер схемы	Числа зубьев	Варианты числовых данных									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	Z_1	15	16	18	20	17	15	30	15	17	16
	Z_{2a}	25	32	30	36	32	25	30	45	48	45
	Z_{2b}	15	18	16	18	17	15	15	15	17	16
	Z_3	55	66	64	74	66	65	75	75	82	77
1	Z_1	15	16	18	20	17	25	30	15	17	16
	Z_{2a}	25	32	30	36	32	25	30	45	48	45
	Z_{2b}	15	18	15	16	20	15	17	18	20	20
	Z_3	25	30	33	40	29	35	43	42	45	41
2	Z_1	60	100	60	60	120	90	100	90	110	90
	Z_{2a}	15	20	18	16	30	28	25	30	17	18
	Z_{2b}	20	15	30	24	20	16	15	18	30	28
	Z_3	65	95	72	68	110	78	90	78	123	100
3	Z_1	58	64	58	64	68	64	82	68	60	65
	Z_{2a}	15	16	16	18	20	17	22	18	15	20
	Z_{2b}	25	32	24	30	32	30	40	32	28	30
	Z_3	18	16	18	16	16	17	20	18	17	15
4	Z_1	15	16	18	20	18	15	16	20	17	16
	Z_{2a}	42	52	60	80	72	55	60	100	54	80
	Z_{2b}	54	66	70	90	86	65	70	110	67	112
	Z_3	24	30	28	30	32	25	26	30	30	48
5	Z_1	15	16	18	20	18	15	16	20	17	16
	Z_{2a}	45	50	60	68	62	58	60	76	68	60
	Z_{2b}	15	20	20	18	24	18	20	16	20	20
	Z_3	45	54	62	66	68	61	64	72	71	64
6	Z_1	20	50	52	48	45	42	70	44	64	60
	Z_{2a}	40	24	24	16	15	18	22	16	25	22
	Z_{2b}	35	42	46	52	48	39	64	48	56	54
	Z_3	15	16	18	20	18	15	16	20	17	16
7	Z_1	15	20	20	18	24	18	20	16	20	20
	Z_{2a}	60	74	70	70	80	70	76	67	76	75
	Z_{2b}	15	18	18	20	22	16	18	17	16	15
	Z_3	30	36	32	32	34	36	38	34	40	40
8	Z_1	30	36	32	32	34	36	38	34	40	40
	Z_{2a}	15	18	18	20	22	16	18	17	16	15
	Z_{2b}	60	72	68	75	78	68	74	68	72	70
	Z_3	15	18	18	20	22	16	18	17	16	15
9	Z_1	15	16	18	20	18	15	16	20	17	16
	Z_{2a}	32	34	38	48	44	46	50	60	51	48
	Z_{2b}	15	15	16	18	15	18	18	16	16	18
	Z_3	32	33	36	46	41	49	52	56	50	50

Составители
Владимир Николаевич Ермак
Сергей Владимирович Герасименко

ПЛАНЕТАРНЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ
Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Прикладная механика» для студентов
направлений подготовки 21.05.04 «Горное дело»,
23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 26.09.2016. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.
Уч.-изд. л. 0,4. Тираж 30 экз. Заказ № _____
КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Издательский центр КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.