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:

*а* – 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*

$u\_{1,2}=\frac{ω\_{1}}{ω\_{2}}$.

Через числа зубьев $z\_{1}$, $z\_{2}$ это отношение о выражается формулой

$u\_{1,2}=\pm \frac{z\_{1}}{z\_{2}}$. (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, *а*), «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

$u\_{1,n}=u\_{1,2}u\_{2,3}u\_{3,4} … u\_{n-1,n}$. (2)

Например, длярядовой передачи (рис. 2, *а*)

$u\_{1,3}=u\_{1,2}u\_{2,3}\left(-\frac{z\_{2}}{z\_{1}}\right)\left(\frac{z\_{3}}{z\_{2}}\right)=-\frac{z\_{3}}{z\_{1}}$.

Для ступенчатой передачи (рис.2, *б*)

$u\_{13}=u\_{12}u\_{23}\left(-\frac{z\_{2a}}{z\_{1}}\right)\left(-\frac{z\_{3}}{z\_{2b}}\right)=\frac{z\_{2a}z\_{3}}{z\_{1}z\_{2b}}$.



Рис. 2. Цилиндрические зубчатые передачи с неподвижными осями:

*а* – рядовая; *б* –ступенчатая

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

Колесо с подвижной осью – колесо *2* – называется сателлитом. Звено *Н*, 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 *2a*, *2b* и называется двухвенцовым.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | *3**1**2a**Н**2b**д)* |

Рис. 3. Планетарные передачи

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

$u\_{1,H}^{(3)}=1-u\_{1,3}^{\left(H\right)}$,(3)

где $u\_{1,3}^{\left(H\right)}$ – 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), $u\_{1,H}^{\left(3\right)}=1-u\_{1,3}^{\left(H\right)}$. Для определения $u\_{1,3}^{\left(H\right)}$ 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

$u\_{1,3}^{\left(H\right)}=u\_{1,2}^{\left(H\right)}u\_{2,3}^{\left(H\right)}=\left(\frac{z\_{2a}}{z\_{1}}\right)\left(-\frac{z\_{3}}{z\_{2b}}\right)$.

Подставляя $u\_{1,3}^{(H)}$ в исходное уравнение, получим

$u\_{1,H}^{\left(3\right)}=1+\frac{z\_{2a}z\_{3}}{z\_{1}z\_{2b}}$.

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 $D$ сателлита. 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 *1* 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 масштабно-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 c. – Доступна электронная версия: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90546&type=utchposob:common>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| 0 | 1 |
| 2 | 3 |
| 4 | 5 |
| 6 | 7 |
| 8 | 9 |

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер схемы | Числа зубьев | Варианты числовых данных |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | *Z1* | 15 | 16 | 18 | 20 | 17 | 15 | 30 | 15 | 17 | 16 |
| *Z2a* | 25 | 32 | 30 | 36 | 32 | 25 | 30 | 45 | 48 | 45 |
| *Z2b* | 15 | 18 | 16 | 18 | 17 | 15 | 15 | 15 | 17 | 16 |
| *Z3* | 55 | 66 | 64 | 74 | 66 | 65 | 75 | 75 | 82 | 77 |
| 1 | *Z1* | 15 | 16 | 18 | 20 | 17 | 25 | 30 | 15 | 17 | 16 |
| *Z2a* | 25 | 32 | 30 | 36 | 32 | 25 | 30 | 45 | 48 | 45 |
| *Z2b* | 15 | 18 | 15 | 16 | 20 | 15 | 17 | 18 | 20 | 20 |
| *Z3* | 25 | 30 | 33 | 40 | 29 | 35 | 43 | 42 | 45 | 41 |
| 2 | *Z1* | 60 | 100 | 60 | 60 | 120 | 90 | 100 | 90 | 110 | 90 |
| *Z2a* | 15 | 20 | 18 | 16 | 30 | 28 | 25 | 30 | 17 | 18 |
| *Z2b* | 20 | 15 | 30 | 24 | 20 | 16 | 15 | 18 | 30 | 28 |
| *Z3* | 65 | 95 | 72 | 68 | 110 | 78 | 90 | 78 | 123 | 100 |
| 3 | *Z1* | 58 | 64 | 58 | 64 | 68 | 64 | 82 | 68 | 60 | 65 |
| *Z2a* | 15 | 16 | 16 | 18 | 20 | 17 | 22 | 18 | 15 | 20 |
| *Z2b* | 25 | 32 | 24 | 30 | 32 | 30 | 40 | 32 | 28 | 30 |
| *Z3* | 18 | 16 | 18 | 16 | 16 | 17 | 20 | 18 | 17 | 15 |
| 4 | *Z1* | 15 | 16 | 18 | 20 | 18 | 15 | 16 | 20 | 17 | 16 |
| *Z2a* | 42 | 52 | 60 | 80 | 72 | 55 | 60 | 100 | 54 | 80 |
| *Z2b* | 54 | 66 | 70 | 90 | 86 | 65 | 70 | 110 | 67 | 112 |
| *Z3* | 24 | 30 | 28 | 30 | 32 | 25 | 26 | 30 | 30 | 48 |
| 5 | *Z1* | 15 | 16 | 18 | 20 | 18 | 15 | 16 | 20 | 17 | 16 |
| *Z2a* | 45 | 50 | 60 | 68 | 62 | 58 | 60 | 76 | 68 | 60 |
| *Z2b* | 15 | 20 | 20 | 18 | 24 | 18 | 20 | 16 | 20 | 20 |
| *Z3* | 45 | 54 | 62 | 66 | 68 | 61 | 64 | 72 | 71 | 64 |
| 6 | *Z1* | 20 | 50 | 52 | 48 | 45 | 42 | 70 | 44 | 64 | 60 |
| *Z2a* | 40 | 24 | 24 | 16 | 15 | 18 | 22 | 16 | 25 | 22 |
| *Z2b* | 35 | 42 | 46 | 52 | 48 | 39 | 64 | 48 | 56 | 54 |
| *Z3* | 15 | 16 | 18 | 20 | 18 | 15 | 16 | 20 | 17 | 16 |
| 7 | *Z1* | 15 | 20 | 20 | 18 | 24 | 18 | 20 | 16 | 20 | 20 |
| *Z2a* | 60 | 74 | 70 | 70 | 80 | 70 | 76 | 67 | 76 | 75 |
| *Z2b* | 15 | 18 | 18 | 20 | 22 | 16 | 18 | 17 | 16 | 15 |
| *Z3* | 30 | 36 | 32 | 32 | 34 | 36 | 38 | 34 | 40 | 40 |
| 8 | *Z1* | 30 | 36 | 32 | 32 | 34 | 36 | 38 | 34 | 40 | 40 |
| *Z2a* | 15 | 18 | 18 | 20 | 22 | 16 | 18 | 17 | 16 | 15 |
| *Z2b* | 60 | 72 | 68 | 75 | 78 | 68 | 74 | 68 | 72 | 70 |
| *Z3* | 15 | 18 | 18 | 20 | 22 | 16 | 18 | 17 | 16 | 15 |
| 9 | *Z1* | 15 | 16 | 18 | 20 | 18 | 15 | 16 | 20 | 17 | 16 |
| *Z2a* | 32 | 34 | 38 | 48 | 44 | 46 | 50 | 60 | 51 | 48 |
| *Z2b* | 15 | 15 | 16 | 18 | 15 | 18 | 18 | 16 | 16 | 18 |
| *Z3* | 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.