

Дата **25.10.2022 г.** Группа: ХКМ 3/1 Курс: 3 семестр: 5

Дисциплина: Техническая механика

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Планетарные и волновые зубчатые передачи

Цель занятия:

-*методическая* - совершенствование методики проведения практического занятия;

- *учебная* – уметь производить расчет планетарной передачи;

- *воспитательная* – обучать учащихся соотносить полученные знания с наблюдаемыми явлениями.

Вид занятия: Лекция

Межпредметные связи:

Обеспечивающие: Техническая механика, инженерная графика

Обеспечиваемые: курсовое и дипломное проектирование

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Аркуша А.И. Техническая механика. – Москва, Высшая школа, 2012.

2. Олофинская В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий. – Москва, Форум, Инфра М, 2014.

Дополнительная литература:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.

2. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высшая школа, 2012.

3. Ицкович Г.М. Минин М.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. – М.: Высшая школа, 2013.

<https://www.youtube.com/watch?v=1F4k6oEkFOI> Принцип работы планетарной передачи

<https://www.youtube.com/watch?v=BURE6kiC3wg> Планетарный механизм

<https://www.youtube.com/watch?v=Ykg5-9PM4sg> Недостатки планетарной передачи

<https://www.youtube.com/watch?v=1lJlZQHCZT8> Сборка планетарной передачи

<https://www.youtube.com/watch?v=sev8YpzWowI> Кинематика планетарного механизма

Тема: Планетарные и волновые зубчатые передачи (4 часа)

Планетарные передачи.

1. Достоинства и недостатки. Принцип работы и устройство
2. Основные геометрические соотношения.
3. Расчет на прочность

Волновые передачи

4. Общие сведения. Достоинства и недостатки
5. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов.
6. Зубчатые передачи с зацеплением Новикова. Применение в промышленности

1. Планетарные передачи. Достоинства и недостатки. Принцип работы и устройство

Планетарные зубчатые передачи

Передачи, имеющие зубчатые или фрикционные колеса с перемещающимися осями, называют *планетарными*. Наиболее распространена зубчатая однорядная планетарная передача. Она состоит из центрального колеса 1 с наружными зубьями, неподвижного (центрального) колеса 2 с внутренними зубьями и водила h , на котором закреплены оси планетарных колес g (или сателлитов) (рис.1).

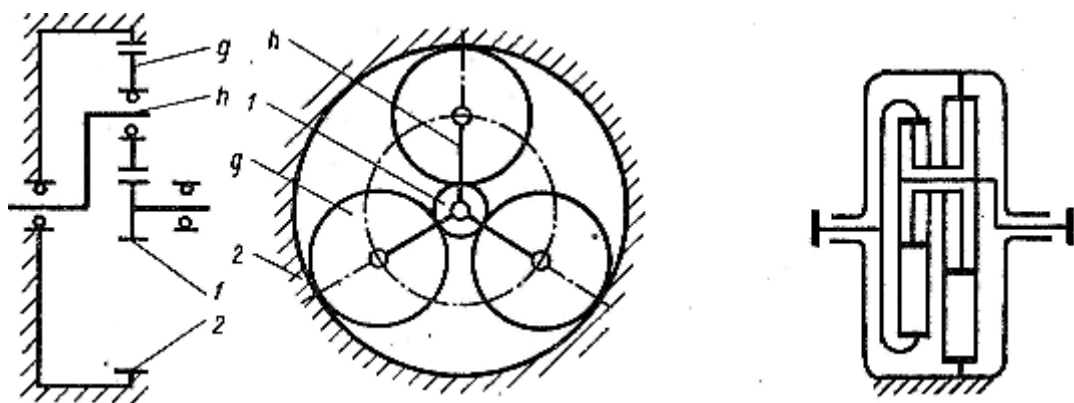


Рисунок 1- Планетарная зубчатая передача

Водило вместе с сателлитами вращается вокруг центральной оси, а сателлиты обкатываются по центральным колесам и вращаются вокруг своих осей, совершая движения, подобные движению планет. При неподвижном колесе 2 движение передается от колеса 1 к водилу h или наоборот. Планетарную передачу, совершаемую подвижными звеньями (оба колеса и водила), называют дифференциалом. С помощью дифференциала одно движение можно разложить на два или два движения сложить в одно: от колеса 2- движение можно передавать одновременно колесу 1 и водилу h или от колес 1 и 2 к водилу h и т. д.

Достоинства и недостатки планетарных передач

Основное *достоинство* — широкие кинематические возможности, позволяющие использовать передачу в качестве редуктора коробки скоростей, передаточное число в которой изменяется путем поочередного торможения различных звеньев, и как дифференциальный механизм. Планетарный принцип позволяет получать большие передаточные числа (до тысячи и больше) без применения многоступенчатых передач.

Эти передачи компактные и имеют малую массу. Переход от простых передач к планетарным позволяет во многих случаях снизить их массу в 4 раза и более. Сателлиты в планетарной передаче расположены симметрично, а это снижает нагрузки на опоры (силы в передаче взаимно уравновешиваются), что приводит к снижению потерь и упрощает конструкцию опор. Эти передачи работают с меньшим шумом, чем обычные зубчатые.

Недостатки:

1. Повышенные требования к точности изготовления и монтажа передачи.
2. Резкое снижение к. п. д. передачи с ростом передаточного отношения.

Применение

Планетарную передачу применяют как:

- а) редуктор в силовых передачах и приборах;
- б) коробку перемены передач, передаточное отношение в которой изменяется путем поочередного торможения различных звеньев (например, водила или одного из колес);

в) как дифференциал в автомобилях, тракторах, станках, приборах. Особенно эффективно применение планетарных передач, совмещенных с электродвигателем.

2. Основные геометрические соотношения

Передаточное отношение. Для определения передаточного отношения планетарной передачи используется метод Виллиса — метод останова водила. Передаточное отношение для обращенного механизма¹ планетарной передачи

$$i = (\omega_1 - \omega_h) / (\omega_2 - \omega_h) = -z_1 / z_2$$

где ω_1 — ω_h и ω_2 — ω_h — угловые скорости колес 1 и 2 относительно водила h ; z_1 и z_2 — числа зубьев этих колес.

Для реальной планетарной передачи (колесо 2 закреплено неподвижно, колесо 1 — ведущее, водило и ведомое) при $\omega_2 = 0$ получим

$$i = (\omega_1 - \omega_h) / (-\omega_h) = 1 + z_1 / z_2$$

Для однорядной планетарной передачи $u = 1,25 \dots 8,0$ для многоступенчатых $u = 30 \dots 1000$, для кинематических передач $u \geq 1600$. Чем больше передаточное отношение планетарной передачи, тем меньше КПД ($\eta = 0,99 \dots 0,1$).

¹ Обращенный механизм — обычная не планетарная передача, в которой геометрические оси всех колес неподвижны, а сателлиты при этом становятся промежуточными колесами, не влияющими на передаточное отношение механизма.

Межосевое расстояние планетарной прямозубой передачи для пары колес внешнего зацепления (центральной шестерни с сателлитом) определяют по формуле

$$a_w = K_a(u' + 1) \sqrt[3]{\frac{K_H T_1 K_c}{\psi_{ba} u' [\sigma]_H^2 c}},$$

де $u' = z_2 / z_1$ — передаточное число рассчитываемой пары колес;

$K_c = 1,1 \dots 1,2$ — коэффициент неравномерности распределения нагрузки между сателлитами;

T — вращающий момент на валу центральной шестерни, Нм;

c — число сателлитов;

ψ_{ba} — коэффициент ширины венца колеса: $\psi_{ba} = 0,4$ для $H < 350$ HB, $\psi_{ba} = 0,315$ при $350 \text{ HB} < H < 50 \text{ HRC}$, $\psi_{ba} = 0,25$ для $H > 50 \text{ HRC}$.

Модуль зацепления

$$m = 2a_w / (z_2 + z_1).$$

Полученный расчетом модуль округляют до ближайшего стандартного значения, а затем уточняют межосевое расстояние:

$$a_w = m(z_2 + z_1) / 2.$$

Делительный диаметр центральной шестерни $d_f = mz$.

$$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 K_c T_1}{c d_1}.$$

Конструктивные особенности планетарных передач

На рис. 2 приведена распространенная конструкция планетарного редуктора. Редуктор удобен для компоновки машин вследствие соосности валов.

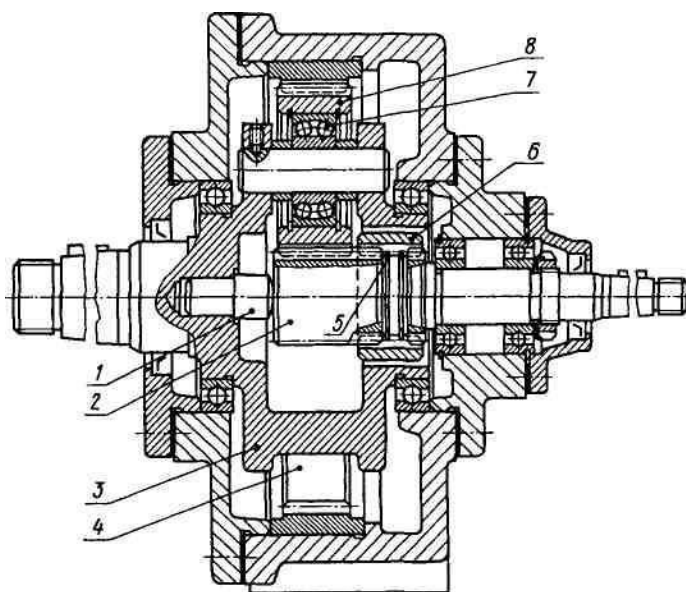


Рисунок 2 -Планетарный редуктор

Неизбежные погрешности изготовления приводят к неравномерному распределению нагрузки между сателлитами. Для выравнивания нагрузки по потокам в передачах с тремя сателлитами одно из центральных колес делают самоустанавливающимся в радиальном направлении (не имеющим радиальных опор).

В конструкции на рис.2 плавающей является центральная шестерня 2, которая самоустанавливается по сателлитам 8 в радиальном направлении, а в осевом направлении фиксируется штырем 1 и зубчатой муфтой 6 с установленными в ней упорными пружинными кольцами 5.

Для самоустановки сателлитов по неподвижному центральному колесу 4 применяют сферические подшипники качения 7.

Водила планетарных передач должны быть прочными и жесткими при малой массе. Выполняют их литыми или сварными.

На рис. 2 водило 3 выполнено литым из высокопрочного чугуна марки ВЧ50 за одно целое с тихоходным валом.

3. Расчет на прочность

Расчет на прочность зубьев планетарных передач ведут по формулам обыкновенных зубчатых передач. Расчет выполняют для каждого зацепления. Например, в передаче, изображенной на схеме рис.4.33, необходимо рассчитать внешнее зацепление колес 1 и 2 и внутреннее — колес 2 и 3. Так как модули и силы в этих зацеплениях одинаковы, а внутреннее зацепление по своим свойствам прочнее внешнего, то при одинаковых материалах колес достаточно рассчитать только внешнее зацепление.

Выбор числа зубьев колес зависит не только от передаточного отношения u , но и от условия собираемости передачи. По этому условию сумма зубьев центральных колес ($z_1 + z_3$) должна быть кратной числу сателлитов C (обычно $C = 3—5$).

В планетарных передачах применяются не только цилиндрические, но и конические колеса. Зубья могут быть прямые и косые.

Контрольные вопросы

1. Какую зубчатую передачу называют планетарной?
2. В каком случае планетарную передачу называют дифференциальной?
3. Каковы основные достоинства и недостатки планетарных передач по сравнению с обычными зубчатыми?
4. В каких областях машиностроения широко применяют планетарные передачи и почему?
5. Какой принцип применяют при выводе формулы для определения передаточного числа планетарной передачи?

Задание для самостоятельной работы:

1.Посмотреть все видео из списка литературы!!!

2. Краткий конспект 1,2,3 вопросов
3. Письменно ответить на контрольные вопросы

Фотографии отчета прислать в личном сообщении ВК
<https://vk.com/id139705283>

На фотографиях сверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 25.10.2022г. , группа ХКМ 3/1, Техническая механика».