

ОПД.Ф.02.03 ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Методические указания

В методических указаниях собраны наиболее применяемые термины и определения в теории механизмов и машин, рекомендованные РАН, рядом учебников и ГОСТами на зубчатые передачи.

Данные методические указания могут быть использованы студентами механических и электромеханических специальностей всех форм обучения.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие понятия.	4
2 Структура механизмов.	5
3 Кинематика механизмов.	16
4 Зубчатые механизмы.	20
5 Кулачковые механизмы.	35
6 Силовой анализ механизмов.	39
7 Синтез механизма.	40
8 Динамика механизмов.	43
9 Уравновешивание масс.	47
10 Виброактивность и виброзащита машин.	49
11 Трение в машинах.	52
12 Коэффициент полезного действия машин.	54
13 Машины-автоматы.	55
14 Роботы и манипуляторы.	56
Библиографический список	58

1 ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Теория механизмов и машин – наука об общих методах исследования свойств механизмов и машин и проектирования их схем.

Машина – устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации с целью замены или облегчения физического и умственного труда.

Машины подразделяются на:

- энергетические;
- технологические (рабочие);
- информационные

Энергетическая машина – машина, предназначенная для преобразования энергии из одного вида в другой.

Энергетические машины можно подразделить на двигатели и рабочие машины. Двигатели: электродвигатель, двигатель внутреннего сгорания, турбины и др.

Рабочая машина – машина, предназначенная для преобразования материалов. Рабочие машины делятся на технологические и транспортные.

Технологическая машина - машина, предназначенная для преобразования обрабатываемого материала, состоящего в изменении его размеров, форм, свойств или состояния. Примеры: станки, текстильные, металлургические, полиграфические, пищевые и другие машины.

Транспортная машина - машина, предназначенная для перемещения людей и грузов. Примеры: автомобили, тепловозные краны, самолеты.

Информационная машина - машина, предназначенная для получения и преобразования информации. Информационные машины подразделяются на: математические и контрольно-управляющие.

Математическая машина – машина, которая преобразует информацию, получаемую в виде различных математических образов. Примеры: арифмометры, счетно-решающие машины, калькуляторы.

Контрольно-управляющая машина – машина, которая преобразует полученную контрольно-измерительную информацию с целью управления какой-либо машиной: энергетической, рабочей и т.д. примеры: контрольно-измерительные машины, регуляторы, системы автоматического регулирования.

Кибернетическая машина – машина, заменяющая или имитирующая некоторые физиологические процессы, присущие человеку. Примеры: машины-автоматы, роботы, манипуляторы.

Механизм – механическая система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел.

Гидравлический механизм – механизм, в котором преобразование движения происходит посредством твердых и жидких тел.

Пневматический механизм – механизм, в котором преобразование движения происходит посредством твердых и газообразных тел.

2 СТРУКТУРА МЕХАНИЗМОВ

Звено механизма – одно или несколько неподвижно соединенных тел, входящих в состав механизма.

Стойка – звено, принимаемое за неподвижное.

Входное звено – звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения других звеньев.

Выходное звено – звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм.

Ведущее звено – звено, для которого элементарная работа внешних сил, приложенных к нему, положительна.

Ведомое звено – звено, для которого элементарная работа внешних сил, приложенных к нему, является отрицательной или равна нулю.

Начальное звено – звено, закон движения которого задан, или звено, которому приписывается обобщенная координата.

Обобщенная координата механизма - угловая или линейная координата, определяющая положение всех звеньев механизма относительно стойки.

Кинематическая пара – соединение двух подвижных соприкасающихся звеньев, допускающее их относительное движение.

Элементы кинематической пары – совокупность поверхностей, линий и отдельных точек звеньев, по которым они могут соприкасаться, образуя кинематическую пару.

Класс кинематической пары – число условий связи, налагаемых на относительное движение звеньев.

Низшая пара – элементы звеньев соприкасаются только по поверхности или плоскости.

Высшая пара – элементы звеньев соприкасаются только по линии или в точках.

Геометрическое замыкание – обеспечение постоянного соприкасания звеньев, образующих кинематическую пару, соответствующими геометрическими формами элементов кинематической пары.

Силовое замыкание – обеспечение постоянного соприкасания звеньев, образующих кинематическую пару, силой веса, силой упругости пружины и т.д.

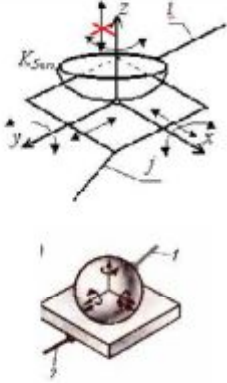
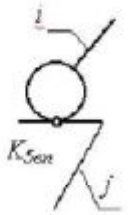
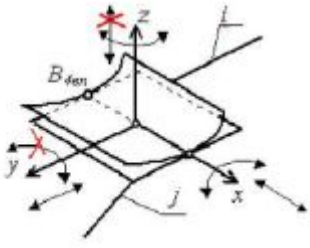

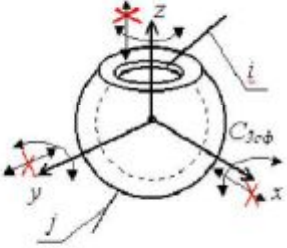
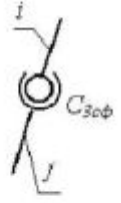
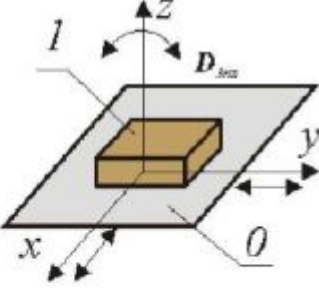
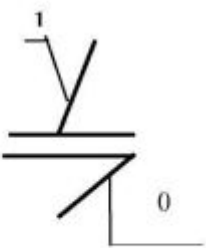
Кинематическая цепь – связанная система звеньев, образующих между собой кинематические пары.

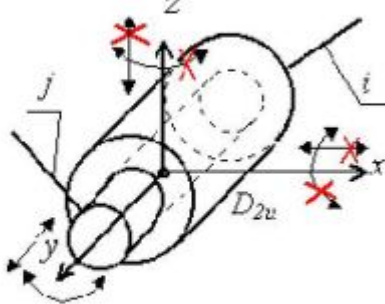
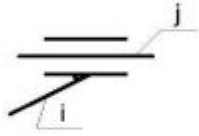


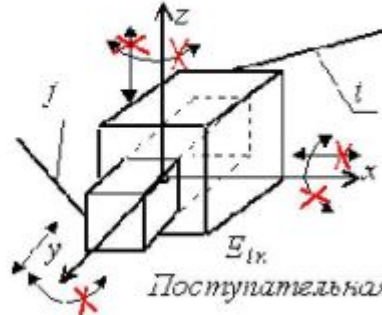
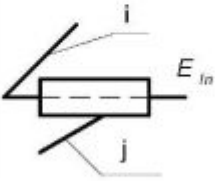
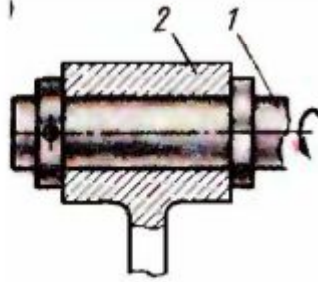
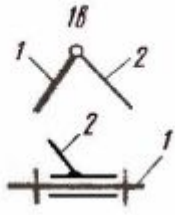

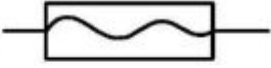
Простая кинематическая цепь – кинематическая цепь, у которой каждое звено входит не более чем две кинематические пары (простое звено).

Сложная кинематическая цепь – кинематическая цепь, в которой имеется хотя бы одно звено, входящее более чем в две кинематические пары (сложное звено).

Некоторые наиболее распространенные кинематические пары, их характеристики и условные обозначения показаны в таблице 2.1.

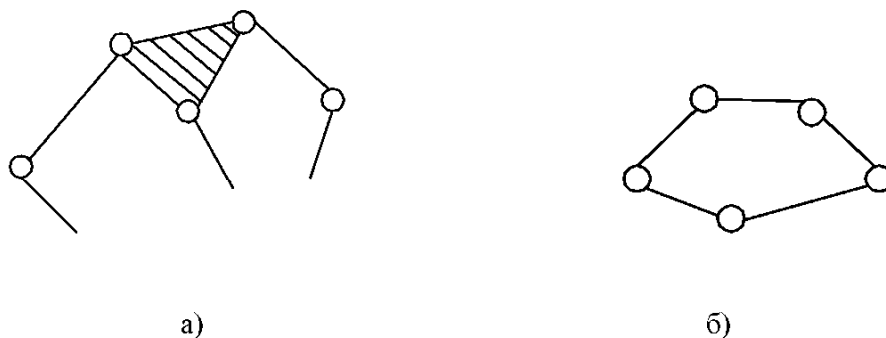
Таблица 2.1 – Характеристики и условное обозначение кинематических пар

Класс пары	Число связей	Подвижность	Пространственная схема (пример)	Условные обозначения
1	2	3	4	5
I	1	5	 <p>Шар-плоскость</p>	
II	2	4	 <p>Цилиндр-плоскость</p>	
III	3	3	 <p>Сферическая КП</p>	
III	3	3	 <p>Плоскостная КП</p>	

1	2	3	4	5
IV	4	2	 <p>Цилиндрическая КП</p>	
IV	4	2	 <p>Сферическая с пальцем</p>	
V	5	1	 <p>Поступательная КП</p>	
V	5	1	 <p>Вращательная КП</p>	
V	5	1	 <p>Винтовая КП</p>	

Незамкнутая кинематическая цепь – кинематическая цепь, в которой есть звенья, входящие только в одну кинематическую пару.

Замкнутая кинематическая цепь – кинематическая цепь, каждое звено которой входит не менее чем в две кинематические пары.



а) сложная, незамкнутая; б) простая, замкнутая

Рисунок - 2.1

Кинематическое соединение – кинематическая цепь, конструктивно заменяющая в механизме кинематическую пару. Например: шарикоподшипник.

Число степеней свободы кинематической цепи – число независимых возможных перемещений, т.е. число обобщенных координат, определяющих положение всех звеньев цепи относительно некоторой системы координат. В качестве примера рассмотрим плоскую кинематическую цепь (рисунок 2.2), состоящую из 3-х звеньев, соединенных 2-мя кинематическими парами 5-го класса. Число степеней свободы $H=5$, т.е. 5 обобщенных координат ($X_1, Y_1, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) определяют положение всех звеньев кинематической цепи на плоскости.

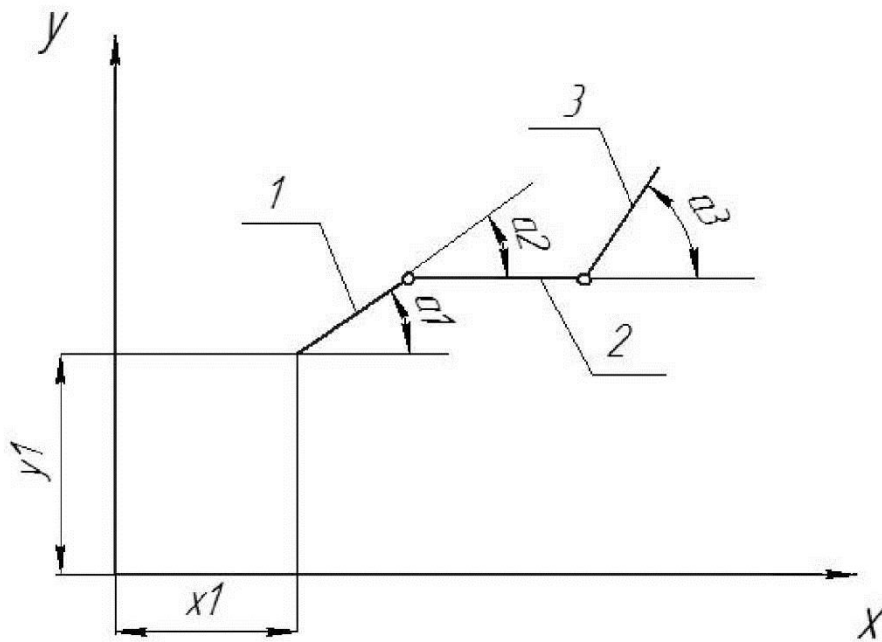


Рисунок 2.2

Число степеней подвижности механизма – число степеней свободы относительно стойки.

На рисунке 2.3. представлен кривошипно-ползунный механизм. Здесь 0, 1, 2, 3 – звенья, 0 – стойка, 1 – начальное звено, α_1 – обобщенная координата, число степеней подвижности механизма $W=1$. Если данный механизм используется в двигателе внутреннего сгорания, то 3 – входное звено, 1 – выходное. Если же данный механизм используется в горизонтально-ковочной машине, то 1 – входное звено, 3 – выходное.

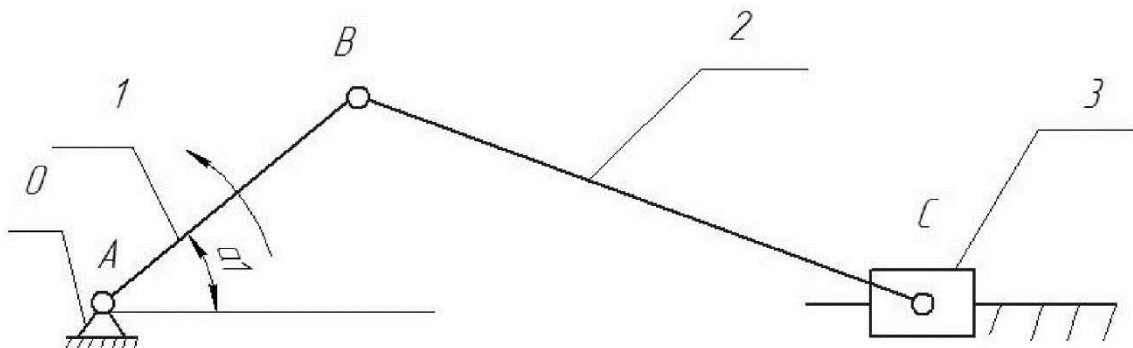


Рисунок 2.3

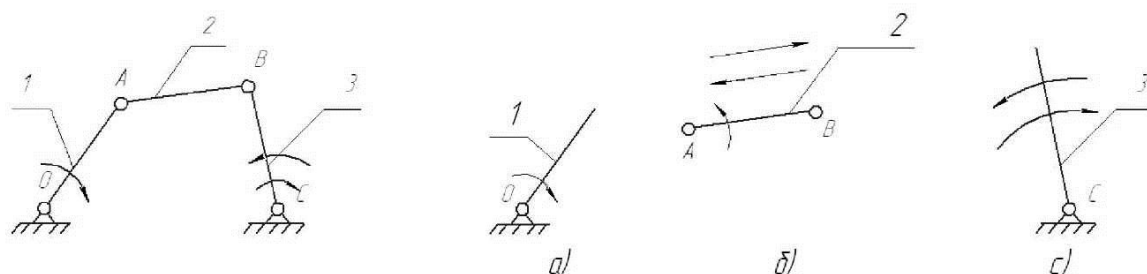
Механизмы классифицируются по различным признакам:

Плоский механизм – механизм, точки подвижных звеньев которого совершают движение в одной или параллельных плоскостях.

Пространственный механизм – механизм, точки подвижных звеньев которого совершают движение не в параллельных плоскостях.

Рычажный механизм – звенья которого образуют только вращательные, поступательные, цилиндрические и сферические пары.

Шарнирный механизма – механизм, звенья которого образуют только вращательные пары.



а) кривошип – 1; б) шатун – 2; в) коромысло – 3

Рисунок 2.4

Кривошип – 1 – звено рычажного механизма, которое может совершать полный оборот вокруг неподвижной оси.

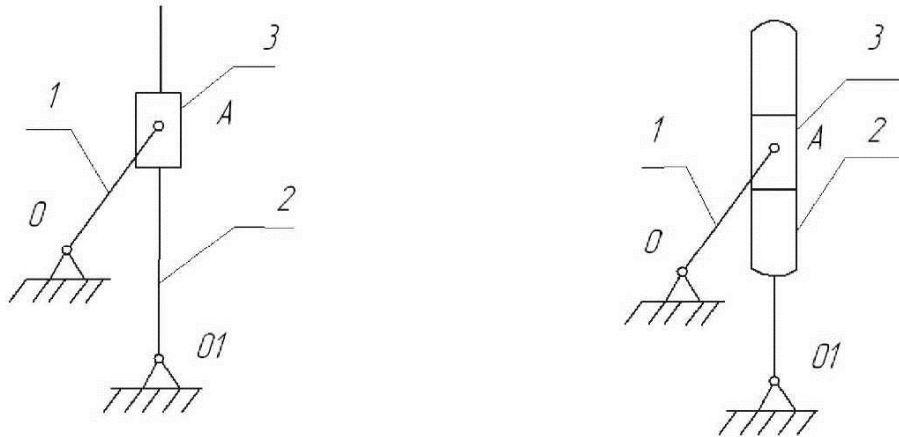
Коромысло – 2 – звено, которое может совершать неполный оборот вокруг неподвижной оси.

Шатун – 3 – звено, образующее кинематические пары с подвижными звеньями и совершающее сложное движение.

Кривошипно-ползунный механизм – рычажный четырехзвенный механизм, который содержит кривошип и ползун (рисунок 2.3)

Ползун – 3 – звено, образующее поступательную пару со стойкой (рисунок 2.3).

Кулисный механизм – рычажный механизм, который содержит кулису (рисунок 2.5).



1 – кривошип; 2 – кулиса; 3 - камень

Рисунок 2.5

Кулиса – звено рычажного механизма, вращающееся вокруг неподвижной оси и образующее с другим подвижным звеном поступательную пару.

Камень – звено, совершающее поступательное движение в направляющих кулисы и образующее вращательную пару с кривошипом.

Структурная схема механизма – упрощенное изображение механизма, выполненное с применением стандартных условных обозначений для звеньев и кинематических пар.

Заменяющий механизм – рычажный механизм, в состав которого входят только низшие пары 5-го класса, обладающий прежней степенью подвижности и сохраняющий относительные в рассматриваемом положении движения всех его звеньев.

Структурная формула механизма – это общая закономерность в структуре (строении самых различных механизмов, связывающая число степеней свободы W механизма с числом звеньев и числом и видом его кинематических пар).

Структурный анализ механизма – изучение строения кинематической цепи, определение числа степеней подвижности, определение класса механизма.

Избыточные связи – повторяющиеся связи, накладываемые кинематическими парами.

Пассивные связи – связи, не накладывающие ограничений на движение звеньев механизма.

Лишние степени свободы – степени свободы, не влияющие на характер движения механизма в целом.

На рисунке 2.6 показаны: а) механизм, в котором звено 4 налагает пассивную связь, а свободно вращающийся ролик 6 дает лишнюю степень свободы; б) механизм, освобожденный от пассивных связей и лишних степеней свободы.

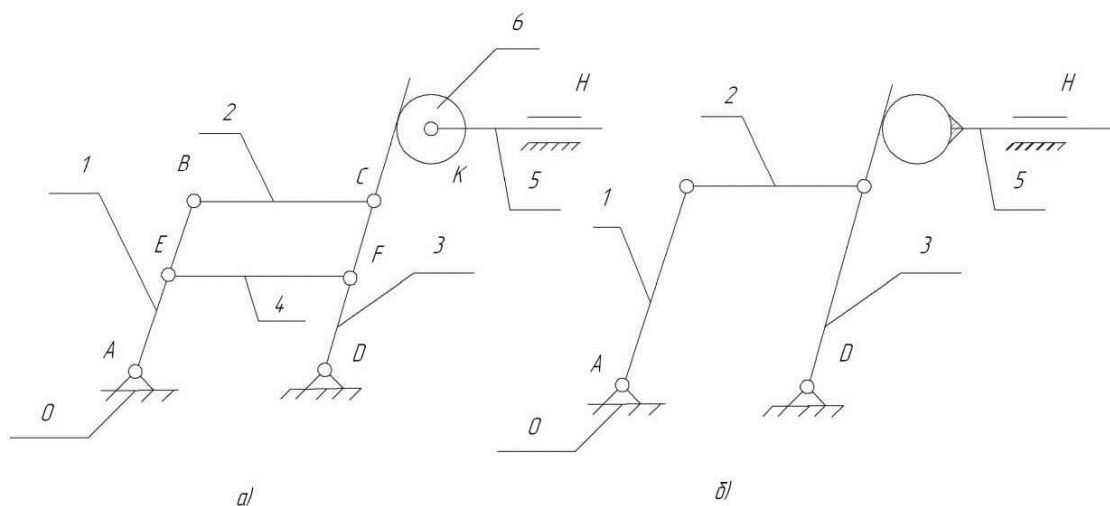


Рисунок 2.6

Голономные связи – геометрические связи, налагающие ограничения только на положения или перемещения точек и тел системы.

Число степеней свободы механизма с голономными связями, т.е. число независимых возможных перемещений совпадает с числом обобщенных координат.

Местная подвижность – подвижность, не влияющая на основной закон движения механизма и может быть полезна с точки зрения выравнивания износа шарниров.

Группа Ассура или структурная группа – простейшая кинематическая цепь, имеющая нулевую степень подвижности относительно стойки.

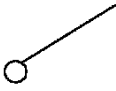
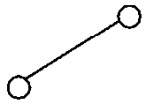
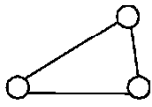
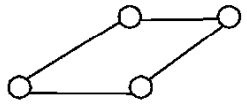
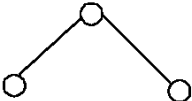
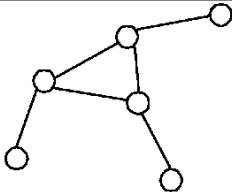
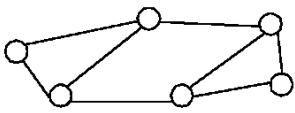
Класс структурной группы определяется наивысшим классом контура, входящего в группу.

Класс контура определяется числом кинематических пар, в которые входят образующие его звенья.

Порядок структурной группы определяется числом свободных элементов кинематических пар, которыми группа присоединяется к другим звеньям механизма.

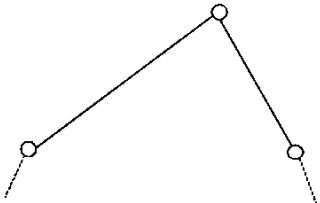
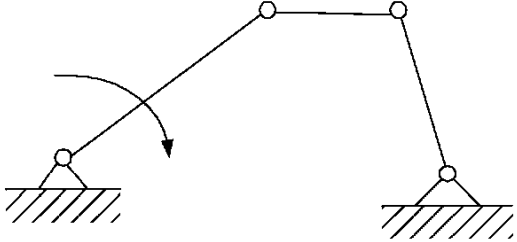
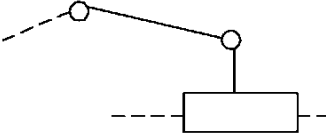
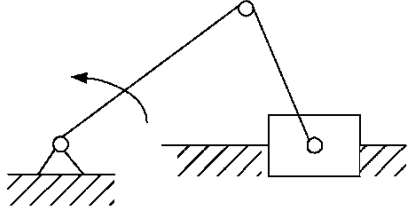
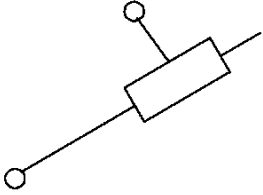
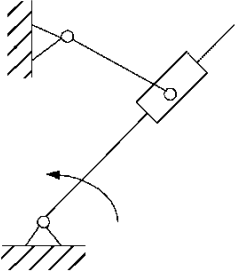
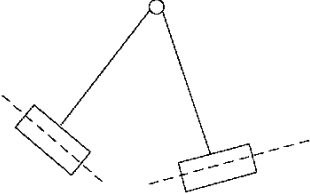
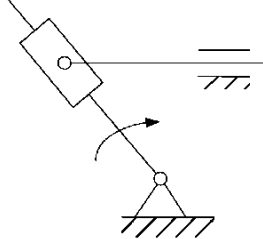
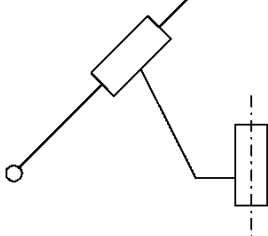
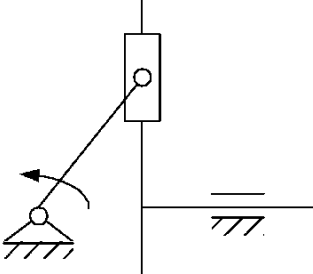
В таблице 2.2 показаны контуры и структурные группы различных классов.

Таблица 2.2 – Контурные и структурные группы различных классов

Характеристика	Контур			
				
Класс контура	1	2	3	4
Группа Ассура	-			
Класс группы	-	2	3	4
Порядок группы	-	2	3	4

Вид структурной группы второго класса определяется числом и расположением поступательных пар (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Виды структурных групп второго класса

Вид группы	Группа	Механизм
1		
2		
3		
4		
5		

Задача структурного анализа – определение параметров структуры заданного механизма – наличия числа звеньев, структурных групп, числа и вида кинематических пар, числа подвижностей (основных и местных), числа контуров и числа избыточных связей.

Задача структурного синтеза – синтез структуры нового механизма, обладающего заданными свойствами: числом подвижностей, отсутствием местных подвижностей, избыточных связей, минимумом числа звеньев с парами определенного вида (например, только вращательными как наиболее технологичными и т.д.).

3 КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМОВ

Кинематическое исследование механизма – изучение закона движения звеньев механизма без учета сил, обуславливающих это движение.

Кинематическая схема – структурная схема механизма с точным указанием размеров и форм звеньев, от которых зависит движение того или другого звена. При графическом методе кинематическая схема механизма вычерчивается в масштабном коэффициенте $\mu_l \frac{м}{мм}$.

План механизма – кинематическая схема механизма в выбранном масштабе, соответствующая определенному положению начального звена.

Совмещенные планы механизма – планы механизма, выполненные в одной системе координат для ряда последовательных значений обобщенной координаты.

Крайнее положение звена – положение звена, из которого оно может двигаться только в одном направлении.

Крайнее положение механизма – положение механизма, при котором хотя бы одно звено механизма занимает крайнее положение.

Кинематический анализ механизма – определение закона движения звеньев механизма по заданному закону движения начальных звеньев.

Масштабный коэффициент – число, показывающее, сколько единиц физической величины содержится в одном миллиметре чертежа.

План скоростей (ускорений) звена – графическое построение, представляющее собою плоский пучок, лучи которого изображают абсолютные скорости (ускорения) точек звена плоского механизма, а отрезки, соединяющие концы лучей – относительные скорости (ускорения) соответствующих точек.

План скоростей (ускорений) механизма – совокупность планов скоростей (ускорений) звеньев механизма с одним общим полюсом и одним масштабом.

Определение скоростей и ускорений методом планов скоростей и ускорений приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1- Планы скоростей и ускорений для различных групп

План группы	Исходные данные	Векторные уравнения	Планы скоростей и ускорений
	\vec{v}_A \vec{v}_B \vec{a}_A \vec{a}_B	$\vec{v}_C = \vec{v}_A + \vec{v}_{CA} (\perp CA)$ $\vec{v}_C = \vec{v}_B + \vec{v}_{CB} (\perp CB)$ $\vec{a}_C = \vec{a}_A + a_{CA}^n + a_{CA}^t (\perp CA)$ $\vec{a}_C = \vec{a}_B + a_{CB}^n + a_{CB}^t (\perp CB)$	

	\vec{v}_A $\vec{v}_{B_3}; \omega_3$ \vec{a}_A $\vec{a}_{B_3}; \epsilon_3$	$\vec{v}_C = \vec{v}_A + \vec{v}_{CA} (\perp CA)$ $\vec{v}_C = \vec{v}_{B_3} + \vec{v}_{CB_3} (\parallel I-I)$ $\vec{a}_C = \vec{a}_A + a_{CB}^n + a_{CB}^t (\perp CA)$ $\vec{a}_C = \vec{a}_{B_3} + a_{CB_3}^k + a_{CB_3}^{om} (\parallel I-I)$	
	\vec{v}_A \vec{v}_B \vec{a}_A \vec{a}_B	$\vec{v}_C = \vec{v}_A + \vec{v}_{CA} (\perp CA)$ $\vec{v}_C = \vec{v}_B + \vec{v}_{CB} (\parallel CA)$ $\vec{a}_C = \vec{a}_A + a_{CA}^n + a_{CA}^t (\perp CA)$ $\vec{a}_C = \vec{a}_B + a_{CB}^k + a_{CB}^{om} (\parallel CA)$	

В качестве примера (рисунок 3.1) показаны планы скоростей и ускорений для кривошипно-ползунного механизма.

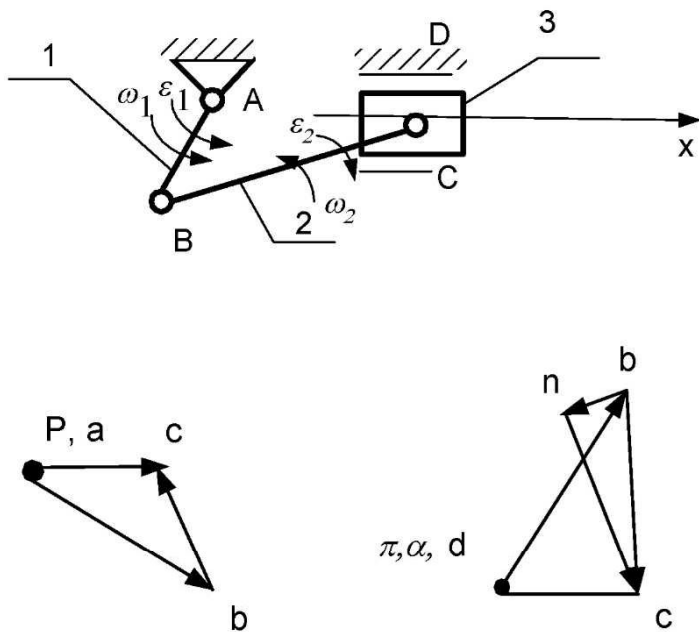


Рисунок 3.1

Теорема подобия: Отрезки прямых линий, соединяющие точки на схеме звена механизма, и отрезки прямых линий, соединяющие концы векторов относительных скоростей (ускорений) этих точек на плане скоростей (ускорений), образуют подобные и сходственно расположенные фигуры. Фигура на плане скоростей (ускорений) повернута относительно фигуры схемы звена на 90° . (рисунок 3.2)

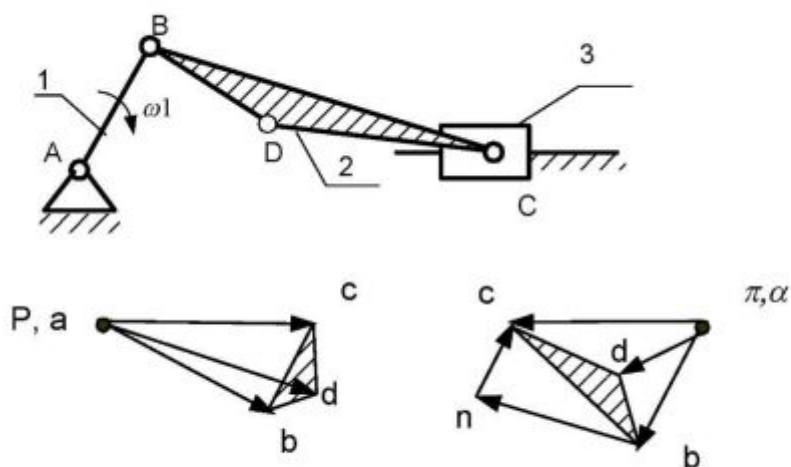


Рисунок 3.2

Аналог скорости точки – первая производная перемещения (радиуса-вектора) этой точки по углу поворота начального звена (по обобщенной координате).

Аналог угловой скорости звена – первая производная угла поворота звена по углу поворота начального звена (по обобщенной координате).

Аналог ускорения точки – первая производная аналога скорости точки или вторая производная перемещения (радиуса-вектора) точки по углу поворота начального звена (по обобщенной координате).

Аналог углового ускорения звена – первая производная аналога угловой скорости или вторая производная угла поворота звена по углу поворота начального звена (по обобщенной координате).

Коэффициент изменения средней скорости выходного звена – отношение средних скоростей выходного звена за время его движения в обратном и прямом направлениях.

4 ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Зубчатая передача – механизм с высшими кинематическими парами, в состав которых входят зубчатые колеса, рейки или сателлиты – звенья, снабженные профилированными выступами или зубьями.

Простая зубчатая передача – трехзвенный механизм, состоящий из 2-х зубчатых колес и стойки.

Шестерня – зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев.

Колесо – зубчатое колесо передачи с большим числом зубьев.

Передаточное отношение зубчатой передачи – отношение угловых скоростей зубчатых колес передачи.

Передаточное число зубчатой передачи – отношение числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни.

Цилиндрическая зубчатая передача – зубчатая передача с параллельными осями колес, у которой аксоидные и начальные цилиндры совпадают.

Коническая зубчатая передача – зубчатая передача с пересекающимися осями колес, у которой аксоидные и начальные конусы совпадают.

Гиперboloидная зубчатая передача – зубчатая передача со скрещивающимися осями колес, у которой аксоидные поверхности – гиперboloиды вращения.

Винтовая зубчатая передача – гиперboloидная передача, у которой начальные поверхности – цилиндры.

Гипоидная зубчатая передача – гиперboloидная передача, у которой начальные поверхности – конусы.

Червячная передача – частный случай гиперboloидной передачи, у которой малое колесо (червяк) имеет винтовые зубья.

Эвольвентная зубчатая передача – цилиндрическая зубчатая передача, профили зубьев которой выполнены по эвольвенте окружности.

Эвольвента окружности – траектория любой точки прямой, перекатываемой без скольжения по основной окружности (рис.4.1).

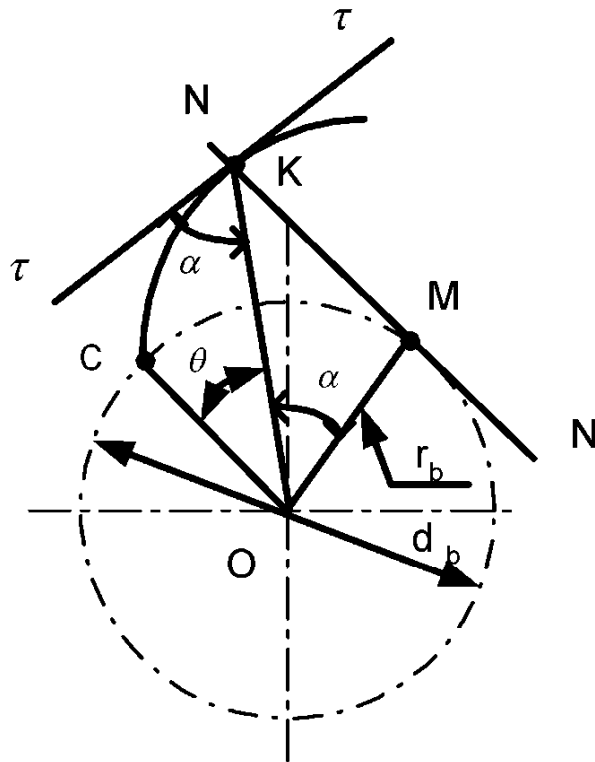


Рисунок 4.1

r_b - радиус основной окружности;

N - центр кривизны эвольвенты в точке K ;

α - угол профиля ($\angle MON = \alpha$);

OC - начальный радиус-вектор;

OK - текущий радиус вектор;

$\angle COK$ - эвольвентный угол.

Основная окружность – геометрическое место центров кривизны эвольвентного профиля зуба (рис.4.1).

Угол профиля эвольвенты в данной точке – острый угол, образованный касательной к эвольвенте и радиусом-вектором (рис.4.1).

Эвольвентный угол – угол, образованный начальным и текущим радиусами-векторами (рис.4.1).

Поверхность впадин зубьев – поверхность, отделяющая зубья от тела зубчатого колеса.

Поверхность вершин зубьев – поверхность, отделяющая зубья со стороны противоположной телу зубчатого колеса.

Впадина – пространство между двумя соседними зубьями.

Боковая поверхность зуба – поверхность, ограничивающая зуб со стороны впадин.

Главная боковая поверхность зуба – часть боковой поверхности зуба которая, взаимодействуя с главной поверхностью другого зуба, обеспечивает заданное передаточное отношение (чаще всего эвольвентная).

Переходная боковая поверхность зуба – поверхность, соединяющая главную поверхность с поверхностью впадин.

Делительная окружность зубчатого колеса – окружность стандартного модуля, или окружность, являющаяся базой для определения размеров зубьев. На делительной окружности угол профиля равен углу профиля инструмента.

Делительный шаг – расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности (рис.4.2).

Окружной шаг – расстояние по дуге окружности между одноименными точками профилей соседних зубьев (рис.4.2).

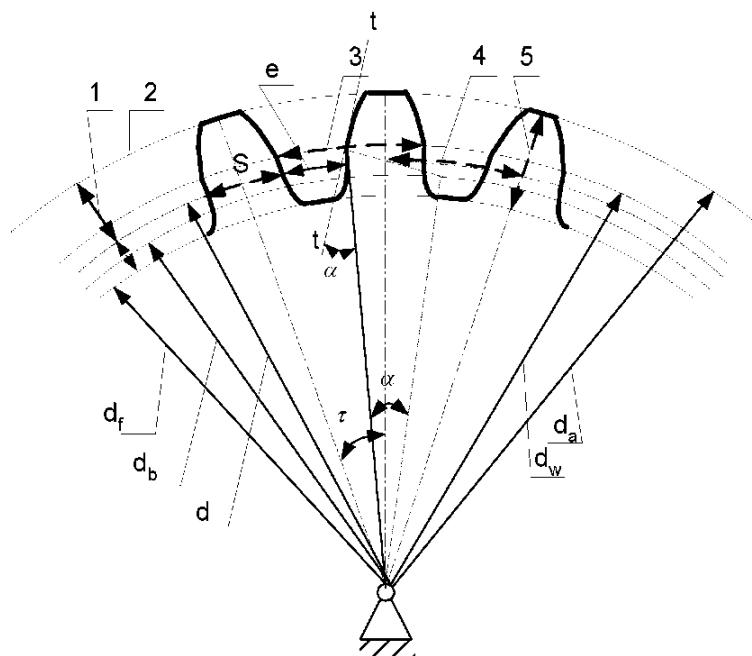


Рисунок 4.2

d_a - диаметр окружности вершин;

d_f - диаметр окружности впадин;

d_b - диаметр основной окружности;

d - диаметр делительной окружности;

d_w - диаметр начальной окружности;

1 – высота делительной головки зуба;

2 – высота делительной ножки зуба;

3 – окружной шаг;

4 – шаг на делительной окружности;

5 – высота зуба;

S – толщина зуба по делительной окружности;

e - толщина впадины по делительной окружности;

τ - угловой шаг центральный угол любой окружности, $\tau = \frac{360^\circ}{z}$, где z - число зубьев колеса.

Модуль зубчатого колеса – линейная величина, равная отношению делительного шага к числу π ($m = \frac{P}{\pi}$). Единица модуля – мм. Модуль стандартизирован.

Модуль зубчатого колеса – число миллиметров диаметра делительной окружности, приходящееся на один зуб.

Делительный угол наклона линии зуба – острый угол, образованный касательной к линии зуба на делительном цилиндре и образующей делительного цилиндра – α , делительный угол стандартизован $\alpha = 20^\circ$.

Делительная угловая толщина зуба – центральный угол делительной окружности зубчатого колеса, соответствующий делительной толщине зуба.

Делительная толщина зуба – расстояние между разноименными профилями зуба по дуге делительной окружности зубчатого колеса.

Методы изготовления эвольвентных зубчатых колес – метод копирования и метод огибания.

Метод копирования – рабочие кромки инструмента по форме соответствуют обрабатываемой поверхности (нарезание зубчатого колеса профилированной дисковой или пальцевой фрезой и отливка зубчатого колеса в форму).

Метод огибания – инструмент и заготовка за счет кинематической цепи станка выполняет два движения – резания и огибания (нарезание червячной фрезой, гребенкой, долбяком), а также накатка зубьев с помощью специально профилированного инструмента. Режущему инструменту и заготовке сообщают такие движения относительно друг друга, которые воспроизводят процесс зацепления.

Производящая поверхность – воображаемая поверхность, содержащая режущие кромки инструмента или образуемая при их главном движении, необходимом при резании.

Исходный контур зубчатого колеса – контур зубьев рейки, принятой в качестве базовой для определения теоретической формы и размеров зубьев. (Размеры исходного контура установлены по ГОСТу 13755-81).

Производящая рейка – рейка, огибающей которой в относительном движении является требуемая поверхность зуба нарезаемого колеса.

Исходный производящий контур (ИПК) – контур зубьев зубчатой рейки, получаемый в сечении плоскостью, перпендикулярной оси колеса (рис.4.3).

Делительная прямая исходного контура – прямая, по которой, толщина зуба рейки, являющейся исходным контуром зубчатого колеса, равна ширине

впадин $S = e = \frac{\pi m}{2}$ и делит зуб по высоте на две равные части.

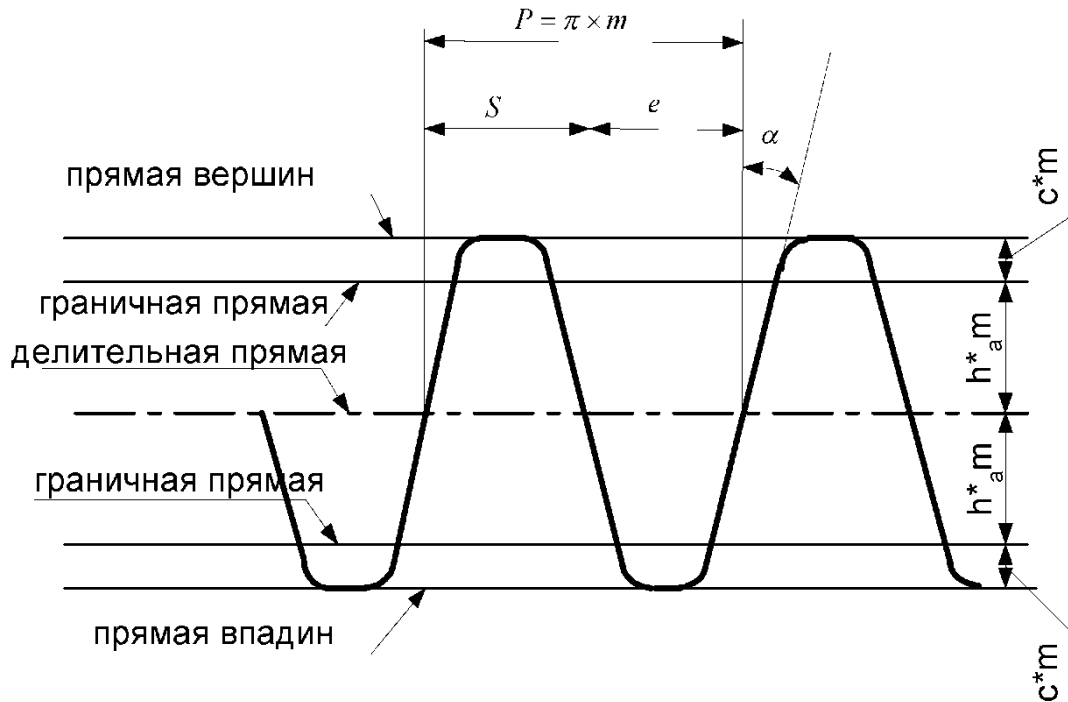


Рисунок 4.3

Реечный инструмент характеризуется четырьмя стандартными параметрами: m ; α ; h_a^* ; c^* .

Угол профиля зуба $\alpha = 20^\circ$.

Коэффициент высоты головки зуба $h_a^* = 1$.

Коэффициент радиального зазора $c^* = 0,25m$.

Стандартный модуль m [мм].

Реечное станочное зацепление – зубчатое зацепление производящей рейки с нарезаемым зубчатым колесом (рис.4.4), с положительным смещением.

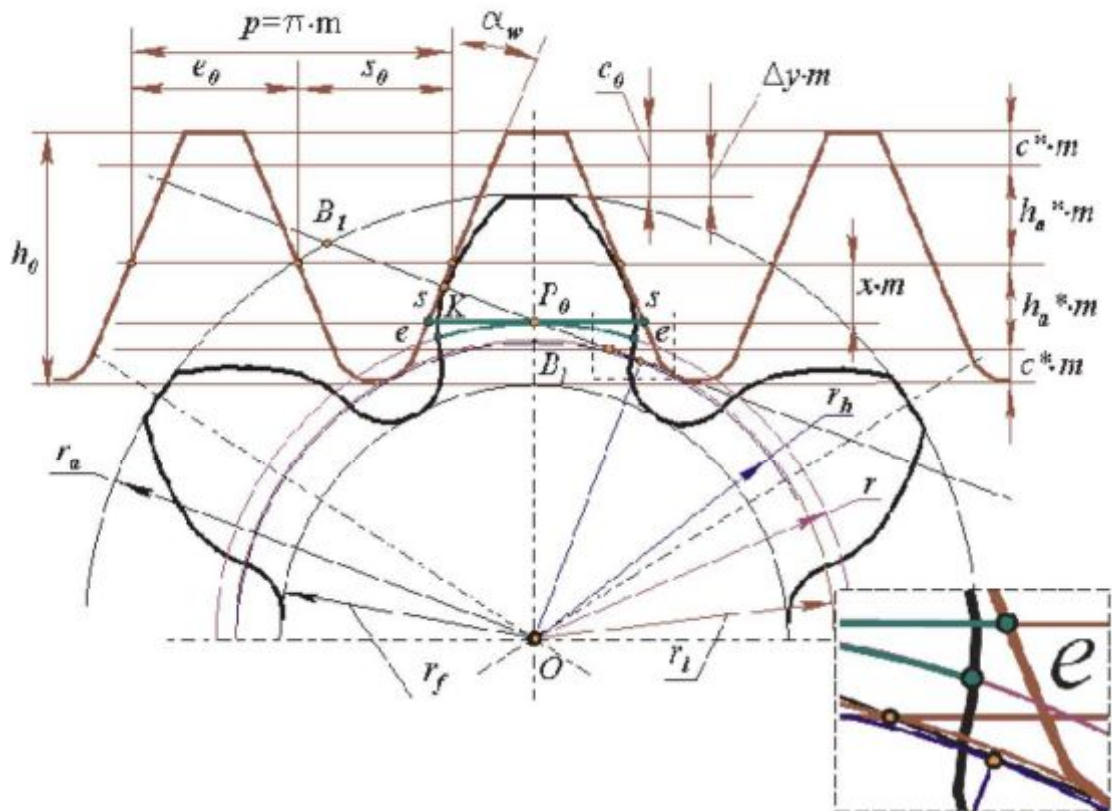


Рисунок 4.4

Станочно-начальная прямая рейки и начальная окружность колеса ($r = r_w$). Катятся друг по другу без скольжения.

На станке инструмент располагается:

Нулевая установка инструмента – делительная прямая ИПК касается делительной окружности.

Положительная установка – делительная прямая ИПК отодвинута от делительной окружности.

Отрицательная установка – делительная прямая ИПК пересекает делительную окружность (рис.4.5).

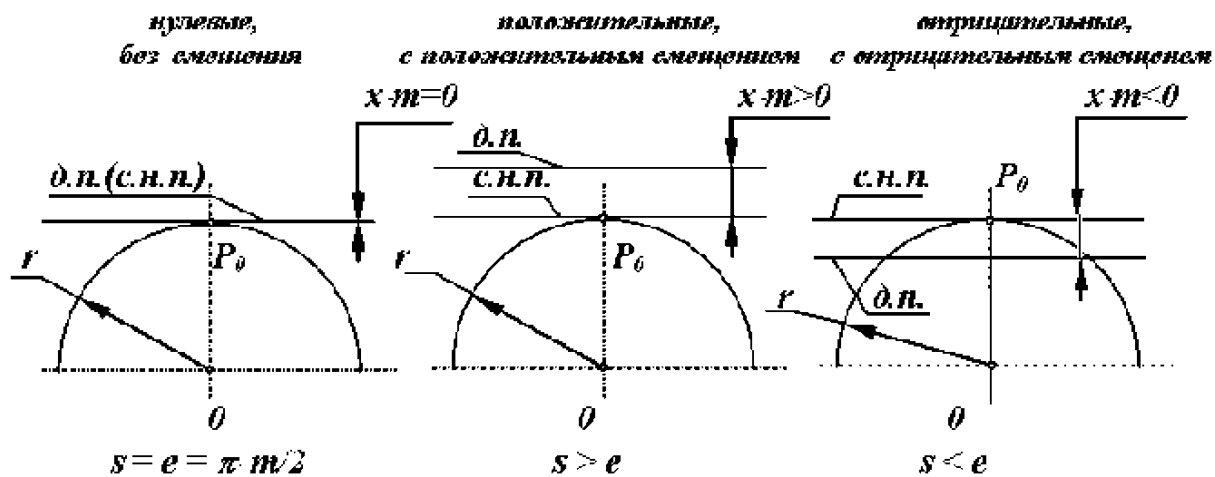


Рисунок 4.5

д.п. – делительная прямая;

с.н.п. – станочно-начальная прямая.

Смещение исходного контура производящей рейки – расстояние по нормали между делительной окружностью нарезаемого колеса и делительной прямой исходного контура (производящей рейки) – $X = x \times m$.

Смещение исходного контура принимается положительным, если делительная прямая исходного контура не пересекает и не касается делительной окружности колеса; отрицательным, если пересекает ее, и нулевым, если касается ее (рис.4.5).

Коэффициент смещения исходного контура – отношение смещения исходного контура к расчетному модулю.

Уравнительное смещение – величина, на которую уменьшают высоту зуба нарезаемого инструмента реечного типа колеса, чтобы в рабочем зацеплении получить стандартный радиальный зазор. (В станочном зацеплении - расстояние между граничной прямой производящей рейки и окружностью вершин нарезаемого колеса) - Δu (рис.4.4).

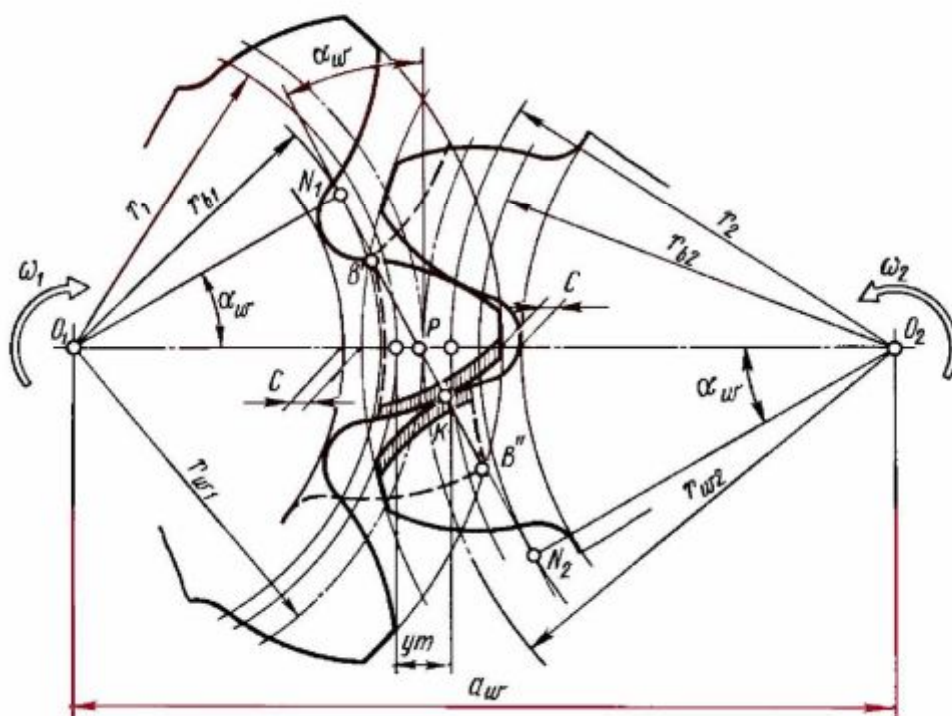
Коэффициент уравнительного смещения – отношение уравнительного смещения к расчетному модулю - Δu .

Нулевое зубчатое колесо – колесо, которое нарезается с нулевым смещением исходного контура; делительная толщина зуба в этом случае равна половине делительного шага.

Положительное зубчатое колесо – колесо, которое нарезается с положительным смещением исходного контура; делительная толщина зуба в этом случае больше половины делительного шага (для внешних зубьев).

Отрицательное зубчатое колесо – колесо, которое нарезается с отрицательным смещением исходного контура; делительная толщина зуба в этом случае меньше половины делительного шага (для внешних зубьев).

Эвольвентная зубчатая передача – образованная двумя зубчатыми колесами с одинаковым модулем, числами зубьев, соответствующими заданному передаточному отношению и эвольвентными профилями зубьев (рис.4.6).



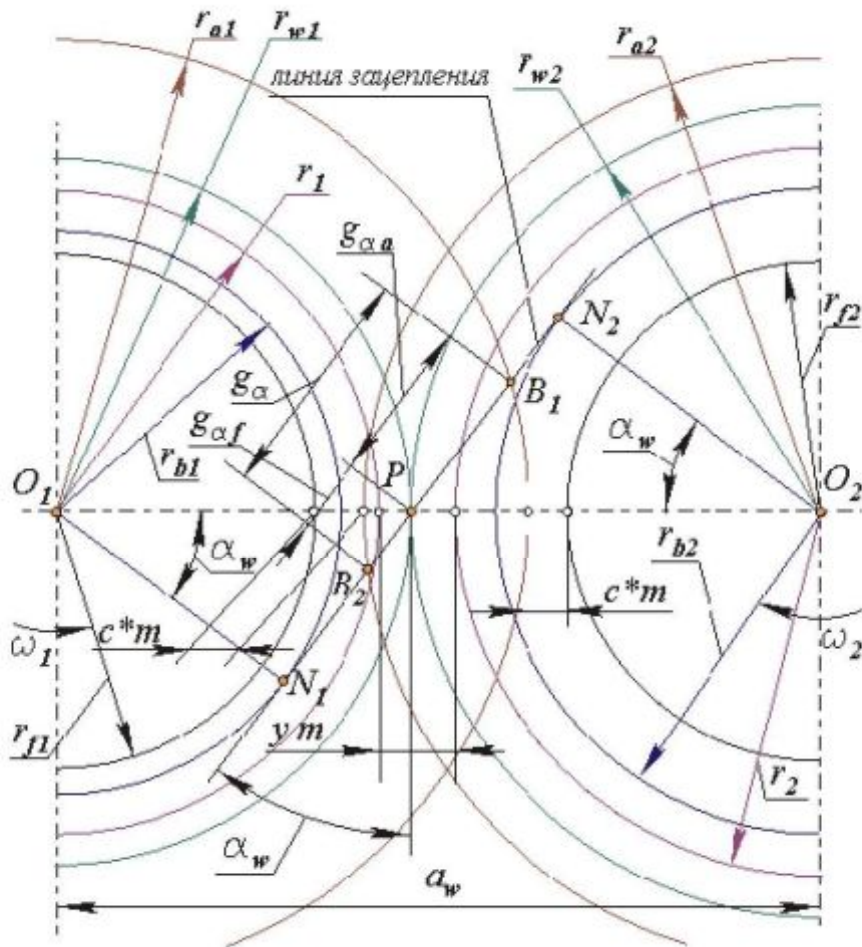


Рисунок 4.6

P - полюс зацепления;

r_{w1} и r_{w2} - радиусы начальных окружностей;

r_{a1} и r_{a2} - радиусы окружностей вершин;

r_{f1} и r_{f2} - радиусы окружностей впадин;

r_{b1} и r_{b2} - радиусы основных окружностей;

$c^*m=C$ - радиальный зазор ;

ut - воспринимаемое смещение.

Начальные окружности r_{w1} и r_{w2} - центроиды в относительном движении.

Полюс зацепления – точка касания начальных окружностей, мгновенный центр относительного движения.

Воспринимаемое смещение – расстояние между делительными окружностями, измеренное по межосевой линии при беззазорном зацеплении - u_t .

Коэффициент воспринимаемого смещения – отношение воспринимаемого смещения к расчетному модулю зубчатого колеса - y .

Положительная зубчатая передача – передача, у которой коэффициент воспринимаемого смещения положительный (делительные окружности не пересекаются и не касаются), $x_1 > 0; x_2 > 0; u_t > 0; y > 0; a_w > a$, где a - межосевое расстояние зубчатых колес передачи, нарезанных без смещения.

Нулевая зубчатая передача – передача, у которой коэффициент воспринимаемого смещения равен нулю (делительные окружности касаются), $x_1 = x_2 = 0$ или $x_1 = -x_2; \alpha_w = \alpha = 20^\circ; \Delta u = 0; y = 0; r_{w1} = r_1; r_{w2} = r_2$.

Отрицательная зубчатая передача – передача, у которой коэффициент воспринимаемого смещения отрицательный (делительные окружности пересекаются), $x_1 < 0; x_2 < 0$ или $x_1 < -|x_2|; u_t < 0; y < 0; a_w < a$.

Радиальный зазор s^*m - расстояние между окружностью вершин одного из зубчатых колес и окружностью впадин другого.

Коэффициент радиального зазора s^* - отношение радиального зазора к расчетному модулю зубчатых колес.

Активный профиль зуба – часть профиля зуба, по которой происходит взаимодействие с профилем зуба парного зубчатого колеса.

Линия зацепления – геометрическое место точек контактов профилей на неподвижной плоскости N_1N_2 .

Активная линия зацепления – часть линии зацепления, соответствующая активным профилям зубьев передачи B_1B_2 .

Угол зацепления – острый угол, образованный линией зацепления и прямой, перпендикулярной к межосевой линии - α_w .

Угол перекрытия зубчатого колеса передачи – угол поворота зубчатого колеса передачи от положения входа зуба в зацепление до выхода его из зацепления (время зацепления).

Угол торцового перекрытия – угол поворота зубчатого колеса цилиндрической передачи от положения входа в зацепление торцового профиля зуба до выхода его из зацепления.

Угол осевого перекрытия – угол поворота зубчатого колеса зубчатой цилиндрической передачи, при котором общая точка контакта зубьев переместится по линии зуба этого зубчатого колеса от одного из торцов, ограничивающих рабочую ширину венца, до другого.

Коэффициент перекрытия – отношение угла перекрытия зубчатого колеса передачи к его угловому шагу. Учитывает непрерывность и плавность зацепления в передаче.

Коэффициент торцового перекрытия – отношение угла торцового перекрытия к его угловому шагу.

Коэффициент осевого перекрытия – отношение угла осевого перекрытия к его угловому шагу.

Удельное скольжение – отношение скорости скольжения контактных точек к скорости общей точки по профилю данного зубчатого колеса.

Коэффициент удельного давления – отношение расчетного модуля к приведенному радиусу кривизны профилей.

Подрезание эвольвентных зубьев – явление, при котором происходит врезание головки режущего инструмента в ножку нарезаемого колеса. При нарезании нулевого зубчатого колеса ($x = 0; \alpha = 20^\circ$) минимальное число

зубьев, которые не будут подрезаны реечным инструментом, $z_{min} = \frac{2h_a^*}{\sin^2 \alpha}$;

$z_{min} \approx 17$.

Заострение зуба – при увеличении коэффициента смещения x толщина зуба S_a у вершины будет уменьшаться. При x_{max} наступает заострение зуба

($S_a = 0$). Для предотвращения излома вершины заостренного зуба толщина $S_a \geq 0,2m$.

Блокирующий контур – совокупность кривых, построенных в координатах x_1 и x_2 , ограничивающих выбор расчетных коэффициентов смещения x_1 , x_2 и определяющих зону их допустимых значений.

Сложные зубчатые механизмы – механизмы, состоящие из нескольких параллельно или последовательно соединенных друг с другом зубчатых передач. Они подразделяются на: зубчатые механизмы с неподвижными осями всех колес и механизмы, оси отдельных колес которых перемещаются относительно стойки.

Рядовой зубчатый механизм – последовательное соединение нескольких пар зубчатых колес, на каждой из неподвижных осей которых помещено по одному колесу (рис.4.7).

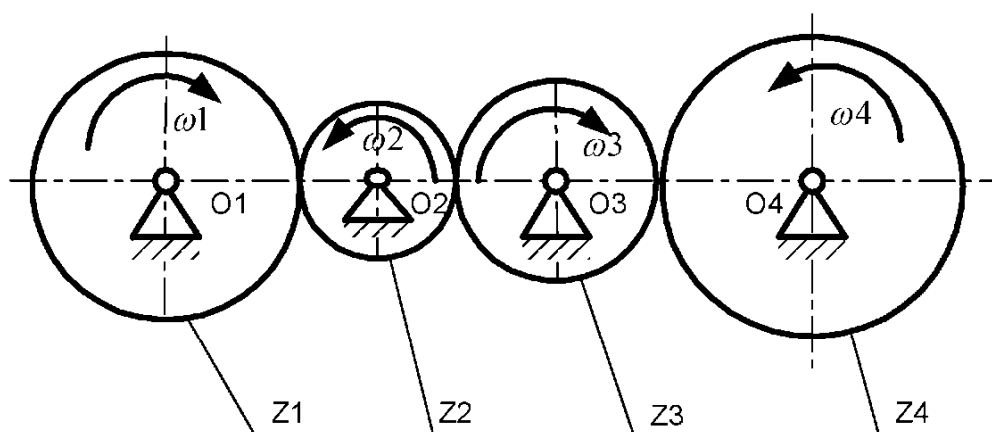
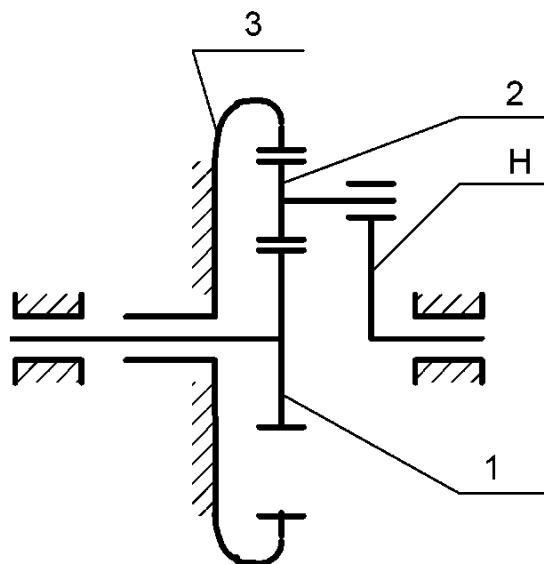


Рисунок 4.7

Ступенчатый зубчатый механизм – последовательное соединение нескольких пар зубчатых колес, на каждой из промежуточных осей которых помещено более одного колеса.

Эпициклический зубчатый механизм – зубчатый механизм, у которого хотя бы одно зубчатое колесо имеет подвижную ось вращения.

Планетарный зубчатый механизм – эпициклический зубчатый механизм, степень подвижности которого равна единице (рис.4.8).



1-3 – солнечные или центральные колеса; 2 – сателлит;

3 – опорное колесо; Н – водило;

Рисунок 4.8

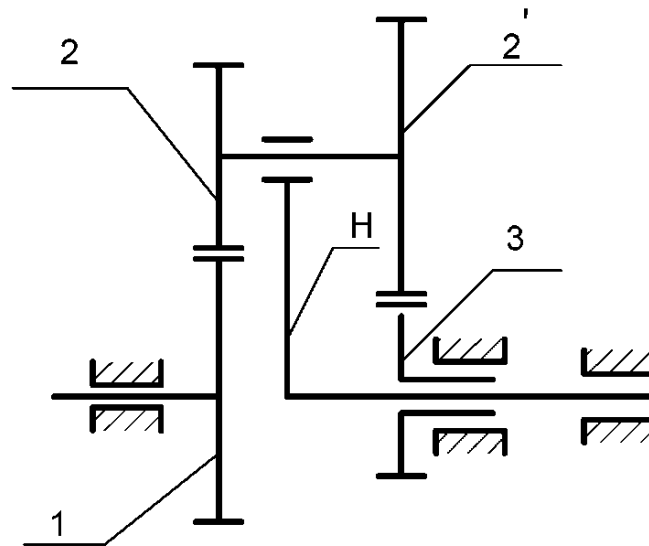
Водило – звено, на котором располагаются подвижные оси зубчатых колес.

Сателлиты – колеса с подвижными осями вращения.

Центральные или солнечные колеса – вращающиеся вокруг неподвижных осей колеса, входящие в планетарный или дифференциальный механизмы.

Опорное колесо – неподвижное колесо, входящее в планетарный зубчатый механизм.

Дифференциальный зубчатый механизм – эпициклический зубчатый механизм, степень подвижности которого равна двум (рис.4.9).



1 и 3 – солнечные или центральные колеса; 2 и 2' - сателлиты; H – водило

Рисунок 4.9

5 КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Кулачковый механизм – трехзвенный механизм с высшей кинематической парой, в котором входное звено называется кулачком, а выходное – толкателем.

Основная характеристика кулачкового механизма – закон движения толкателя, задаваемый передаточной функцией, определяется профилем кулачка.

Назначение кулачковых механизмов – преобразование вращательного или поступательного движения кулачка в возвратно-вращательное или возвратно-поступательное движение толкателя.

Преимущества кулачковых механизмов – возможность получить прерывистое движение выходного звена, возможность обеспечения точных выстоев выходного звена.

Профиль кулачка (конструктивный) – наружный рабочий профиль кулачка – 1, (рис.5.1, а).

Центральный или теоретический профиль кулачка – профиль, который в системе координат кулачка описывает центр ролика при его движении по конструктивному профилю кулачка – 2, (рис.5.1, а).

Толкатель – ведомое звено кулачкового механизма – 3, находящееся в возвратно-поступательном движении относительно стойки (рис.5.1, а и в).

Коромысло – ведомое звено кулачкового механизма – 3, находящееся в возвратно-вращательном движении относительно стойки (рис.5.1, б и г).

На рисунке 5.1 показаны кулачковые механизмы: а) с роликовым толкателем; б) с роликовым коромыслом; в) с плоским толкателем; г) с плоским коромыслом.

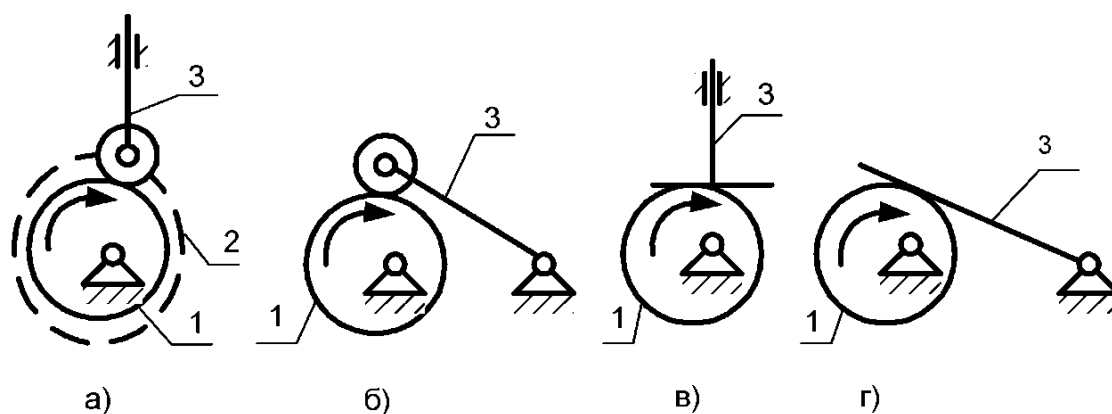


Рисунок 5.1

Ход толкателя (коромысла) – полное перемещение ведомого звена.

Фазовый угол удаления – угол, на который поворачивается кулачок за время перемещения ведомого звена из положения наиболее близкого к центру кулачка в положение наиболее удаленное от центра - φ_y .

Фазовый угол дальнего стояния – угол, на который поворачивается кулачок за время, в течение которого ведомое звено остается неподвижным в положении наиболее удаленном от центра кулачка - φ_o .

Фазовый угол сближения – угол, на который поворачивается кулачок за время перемещения ведомого звена из положения, наиболее удаленного, в положение наиболее близкое к центру кулачка - φ_c .

Фазовый угол ближнего стояния – угол, на который поворачивается кулачек за время, в течение которого ведомое звено остается неподвижным в положении наиболее близком к центру вращения кулачка - φ_6 .

Сумма всех углов φ_n кулачка за цикл работы механизма равна:

$$\varphi_n = \varphi_y + \varphi_6 + \varphi_c + \varphi_s = 360^\circ.$$

Законы движения толкателя: законы с жесткими и мягкими ударами, и законы безударные.

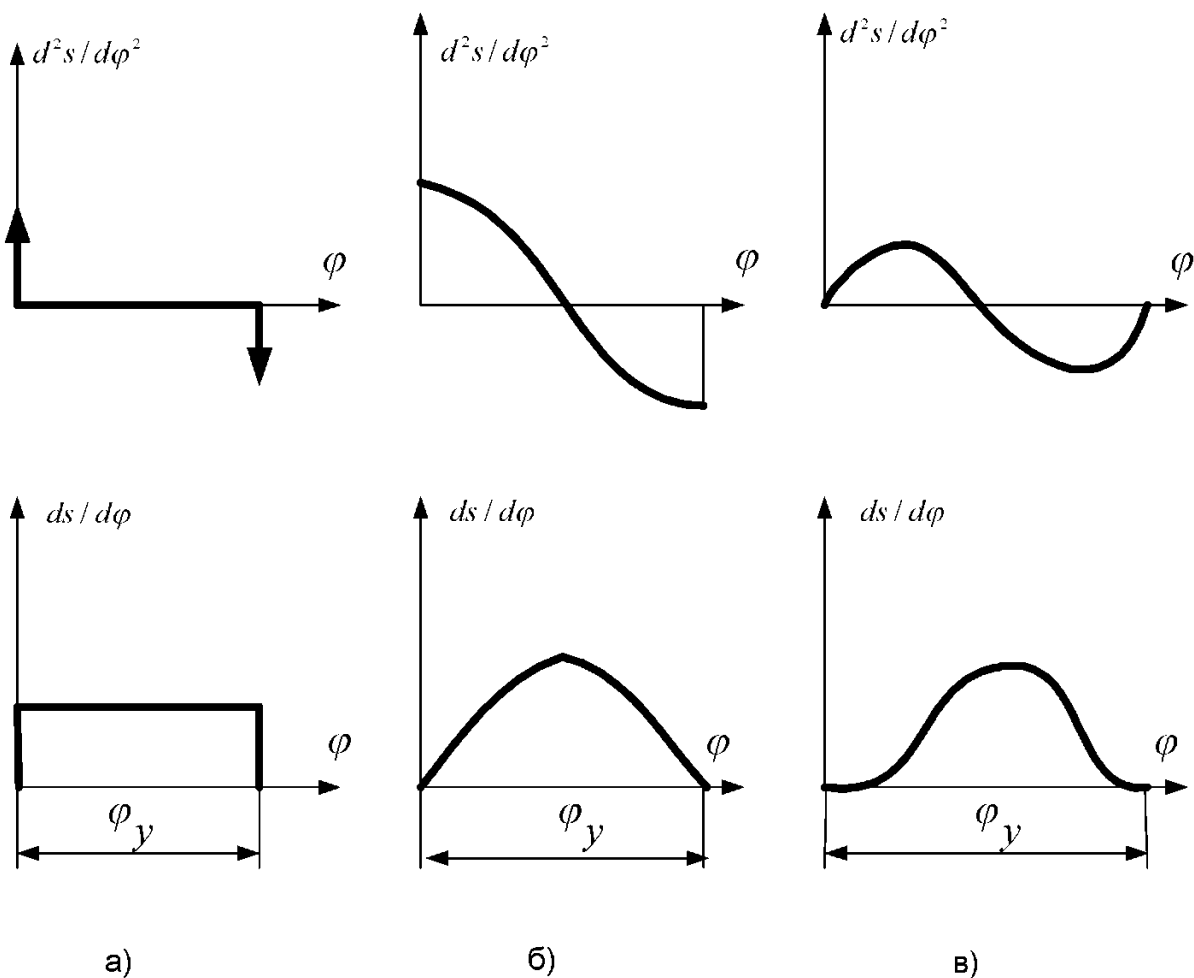


Рисунок 5.2

На рисунке 5.2 показаны законы движения толкателя для фазы удаления толкателя:

рис.5.2 (а) – линейный; в начале и в конце фазы ускорение равно бесконечности, что проявляется в форме «жесткого» удара;

рис.5.2 (б) – параболический и косинусоидальный - ускорения и силы инерции толкателя изменяются на конечную величину («мягкие» удары);

рис.5.2 (в) – синусоидальный - при плавных кривых изменения ускорения – удары теоретически отсутствуют.

Угол давления – угол, образованный полной силой давления кулачка на ведомое звено, направленной по общей нормали в точке касания, и ее эффективной составляющей, направленной по абсолютной скорости точки ведомого звена (рис.5.3).

Начальные параметры кулачкового механизма – его размеры линейные или угловые в начальный момент времени, т.е. в начале интервала удаления.

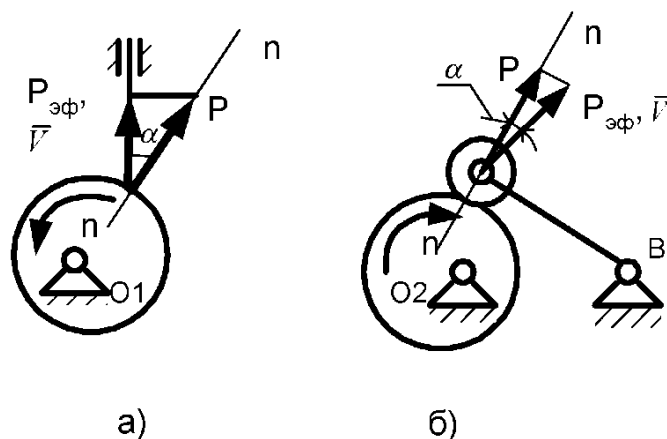


Рисунок 5.3

6 СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ

Силы, действующие в механизмах – внешние и внутренние.

Внешние.

Движущая сила – сила, совершающая положительную работу и приложенная к ведущему звену (работа двигателя).

Сила полезного сопротивления (производственного сопротивления) – сила, совершающая отрицательную работу и для преодоления которой предназначена машина.

Силы вредного сопротивления (непроизводственных сопротивлений) – силы трения в кинематических парах и силы сопротивления среды (воздуха, воды и т.д.). Работа этих сил отрицательна.

Силы тяжести звеньев – приложены в центрах их тяжести. На отдельных участках движения механизма эти силы могут совершать как положительную, так и отрицательную работу. За период цикла движения механизма работа этих сил равна нулю.

Внутренние.

Силы инерции – внутренние силы и представляют собой реакции на действие внешних сил и появляются при неравномерном движении механизма. За период цикла движения механизма работа сил инерции равна нулю.

Силовой анализ механизма – определение сил, действующих на звенья механизма, реакций в кинематических парах и уравновешивающей силы или уравновешивающего момента.

Метод кинетостатики – силовой анализ механизма при заданном законе движения с использованием сил инерции и применением уравнений динамического равновесия (принцип Д'Аламбер).

Принцип Д'Аламбера – механическая система, находящаяся в равновесии под действием внешних сил, реакций связей и сил инерции.

Уравнения кинестатического равновесия:

$$\sum_{i=1}^f F_i + \sum_{i=1}^n F_{ui} = 0; \quad \sum_{i=1}^m M_i + \sum_{i=1}^k M_{ui} = 0,$$

где F_i - внешние силы, приложенные к механизму или его звеньям;

F_{ui} - силы инерции, приложенные к звеньям;

M_i - внешние моменты сил, приложенные к механизму или его звеньям;

M_{ui} - момент сил инерции, приложенные к звеньям.

План сил – замкнутый силовой многоугольник, построенный для каждой структурной группы и ведущего звена, при данном положении механизма.

Уравновешивающая сила или уравновешивающий момент – сила или момент, уравновешивающие все силы, действующие на начальное звено из условия заданного закона движения.

Цикловой коэффициент полезного действия – отношение работы сил производственного сопротивления к работе движущих сил за цикл установившегося движения.

Мгновенный коэффициент полезного действия – взятое с обратным знаком отношение мощности внешних сил на ведомом звене к мощности внешних сил на ведущем звене.

7 СИНТЕЗ МЕХАНИЗМА

Синтез механизма – проектирование схемы механизма по заранее заданным его свойствам.

Структурный синтез механизма – проектирование структурной схемы механизма, под которой понимается схема механизма, включающая стойку, подвижные звенья, виды кинематических пар и их взаимное расположение.

Кинематический синтез – определение постоянных параметров кинематической схемы механизма по заданным его кинематическим свойствам.

Динамический синтез – определение постоянных параметров кинематической схемы механизма по заданным его динамическим свойствам, характеризующим распределение масс звеньев.

Параметры синтеза механизма – независимые между собой постоянные параметры схемы механизма.

Входные параметры синтеза – параметры, которые задаются (устанавливаются заданием на синтез механизма).

Выходные параметры синтеза – параметры, которые определяются в процессе синтеза.

Основное условие синтеза – условие, для выполнения которого механизм предназначен.

Дополнительные условия синтеза – все остальные условия (кроме основного). Например, минимальные или заданные габариты, минимальный вес, ограничение углов давления и т.п.

Целевая функция – математическое выражение основного условия синтеза. Основное условие выражается в виде функции, экстремум которой определяет выходные параметры синтеза.

Ограничения – математические выражения дополнительных условий. Эти условия выражаются неравенствами, устанавливающими допустимые области существования параметров синтеза.

Метод оптимизации – определение выходных параметров синтеза из условия минимума целевой функции при выполнении принятых ограничений. При большом числе параметров оптимизация производится с применением ЭВМ и сводится к методам поиска комбинаций параметров синтеза.

Случайный поиск (метод Монте-Карло) – получение оптимального решения при случайном выборе параметров синтеза (отыскание глобального минимума).

Направленный поиск – поиск искомых параметров в направлении уменьшения целевой функции (отыскание локального минимума).

Комбинированный поиск – сочетание случайного и направленного поисков.

Глобальный минимум – наименьший минимум целевой функции.

Локальный минимум – все остальные минимумы целевой функции (кроме наименьшего).

Штрафные функции – функции, значения которых резко увеличиваются у границ допустимой области изменения параметров синтеза.

Методы оптимизации дают количественное решение любой задачи синтеза механизма, но не дают возможности производить качественный анализ ожидаемых решений.

Приближенный синтез механизма – синтез по методу приближения функций, при котором заданная функция заменяется другой, мало от нее отличающейся, но позволяющая производить качественный анализ ожидаемых решений.

Теория приближения функции дает возможность найти искомые значения выходных параметров непосредственно из системы уравнений, составленных на основании условий минимума максимальной величины отклонений.

Интерполирование – приближение функции, при которой значения заданной и приближающейся функции совпадают в заранее заданных точках (узлах интерполирования).

Квадратическое приближение функции – приближение функций, при котором обращается в минимум среднее квадратическое отклонение от заданной функции.

Наилучшее приближение функции – приближение функции, при котором максимальное отклонение от заданной функции имеет минимально возможную величину.

8 ДИНАМИКА МЕХАНИЗМОВ

Динамическое исследование механизма (анализ) – определение закона движения механической системы под действием заданных внешних сил (известны параметры механизма и действующие внешние силы).

Динамическое проектирование механизма (синтез) – необходимо найти массы, моменты инерции, а следовательно, размеры звеньев, при которых звенья механизма двигались бы в заданном режиме (заданы кинематические характеристики режима движения механизма и внешние силы сопротивления).

Динамическая модель механизма – одно изолированное выбранное звено механизма (звено приведения), движущееся по одинаковому закону с реальным звеном механизма, при этом ω_1 - угловая скорость начального звена равна ω_m - угловой скорости модели ($\omega_1 = \omega_m$).

Построение модели механизма состоит в приведении сил и приведении масс.

Приведенная сила – условная сила, приложенная в точке приведения. Элементарная работа, которая на бесконечно малом перемещении равна сумме элементарных работ всех приводимых сил $F_{пр}$.

Приведенный момент – условный момент, приложенный к звену приведения, элементарная работа или мощность которого равна сумме элементарных работ или мощностей всех приводимых сил и моментов сил – $M_{пр}$.

Приведенная масса механизма – условная масса, сосредоточенная в точке приведения, кинетическая энергия которой равна сумме кинетических энергий звеньев механизма – $m_{пр}$.

Приведенный момент инерции механизма – условный момент инерции, которым должно обладать звено приведения, относительно оси его вращения,

кинетическая энергия которого равна сумме кинетических энергий звеньев механизма - J_{np} .

Уравнение движения машины может быть представлено в виде уравнения движения одного звена (звена приведения), к которому приведены силы из условия равенства элементарных работ (мощностей) и из условия равенства кинетических энергий $E = E_{np}$, где E – кинетическая энергия машины; E_{np} – кинетическая энергия звена приведения. Уравнение движения механизма – это уравнение кинетической энергии механизма.

Кинетическая энергия всей машины равна сумме кинетических энергий всех звеньев, входящих в нее:

$$E = \sum_{i=1}^m E_{nocm} + \sum_{j=1}^n E_{ep} + \sum_{k=1}^p E_{cl}$$

где $E_{nocm} = \frac{m_i V_{si}^2}{2}$ - кинетическая энергия при поступательном движении

(m_i - масса звена, V_{si} - скорость центра тяжести звена);

$E_{ep} = \frac{J_{oi} \omega_j^2}{2}$ - кинетическая энергия при вращательном движении

(ω_j - угловая скорость звена; J_{oi} - момент инерции звена относительно оси вращения);

$$E_{cl} = \frac{m_k V_{sk}^2}{2} + \frac{J_{sk} \omega_k^2}{2},$$

где V_{sk} - скорость центра тяжести звена; J_{sk} - момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести.

$$E = \sum_{i=1}^m \frac{m_i V_{si}^2}{2} + \sum_{j=1}^n \frac{J_{oi} \omega_j^2}{2} + \sum_{k=1}^p \left(\frac{m_k V_{sk}^2}{2} + \frac{J_{sk} \omega_k^2}{2} \right).$$

Определение закона движения механизма – это составление и решение уравнения движения механизма.

Дифференциальные уравнения движения машины:

$$J_{np} \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega_{np}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np}}{d\varphi} = M_{np}(\varphi, \omega, t) - \text{в случае вращательного движения звена}$$

приведения.

$$m_{np} \frac{dV}{dt} + \frac{V_{np}^2}{2} \cdot \frac{dm_{np}}{ds} = F_{np}(s, V, t) - \text{в случае поступательного движения звена}$$

приведения.

Интегральное уравнение движения машины:

$$\frac{J_{np} \omega^2}{2} - \frac{J_0 \omega_0^2}{2} = \int_{\varphi_0}^{\varphi} M_{\Sigma} d\varphi,$$

где J_0 и ω_0 - момент инерции и угловая скорость в начальный момент; ω - угловая скорость в конце цикла или периода φ .

Процесс движения машины состоит из трех фаз: разбега, установившегося движения и выбега (рис.8.1).

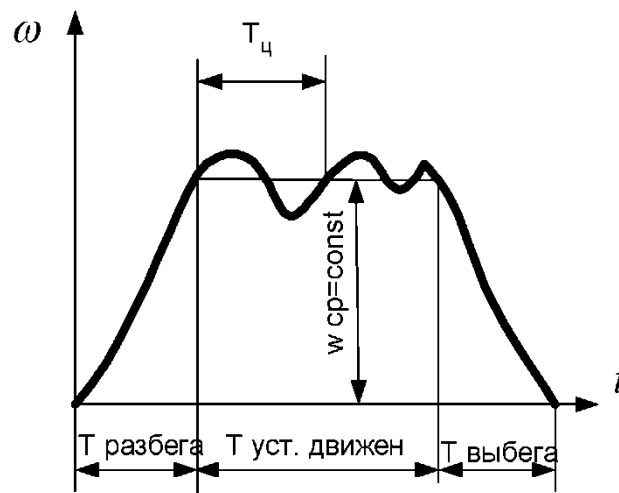


Рисунок 8.1

Время разбега ($T_{разбега}$) – характеризуется возрастанием скорости начального звена от нулевого значения до некоторого среднего значения, соответствующего нормальной рабочей скорости начального звена ($M_{oa} > M_c$).

Время установившегося движения механизма ($T_{установившегося движения}$) – движение механизма, при котором угловая скорость начального звена является периодической функцией времени (колеблется около среднего значения, соответствующего нормальной рабочей скорости начального звена ($M_{oa} = M_c$)).

Время выбега ($T_{\text{выбега}}$) – характеризуется убыванием скорости от среднего значения нормальной рабочей скорости до нулевого значения ($M_{\text{об}} < M_c$).

Цикл установившегося движения механизма – период изменения угловой скорости начального звена механизма (рис.8.2).

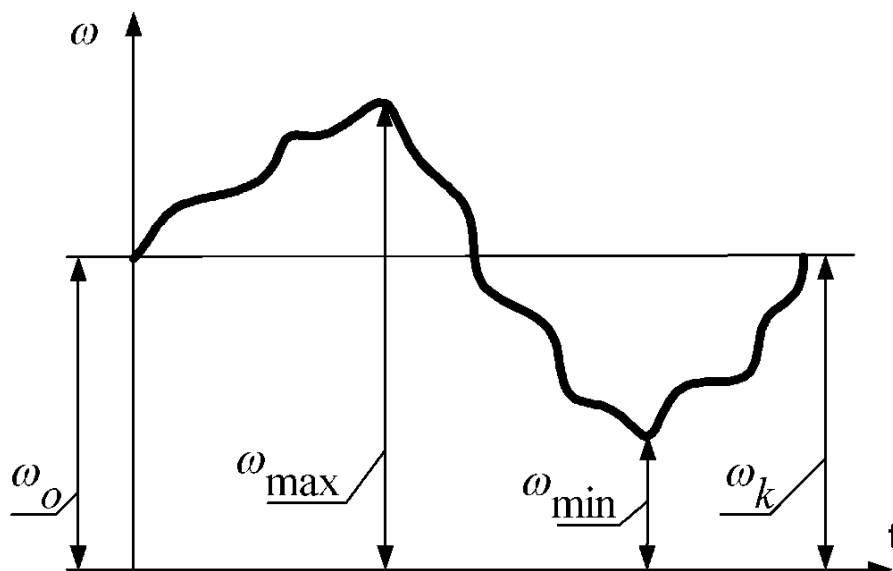


Рисунок 8.2

Коэффициент неравномерности движения механизма δ – отношение разности максимального и минимального значения угловой скорости начального звена механизма к ее среднему значению за один цикл установившегося движения механизма.

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{cp}}},$$

где $\omega_{\text{cp}} = \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2}$ – среднее значение угловой скорости начального звена.

Маховик – дополнительное тело вращения, предназначенное для обеспечения заданного коэффициента неравномерности движения механизма.

9 УРАВНОВЕШИВАНИЕ МАСС

Уравновешенный механизм – механизм, в котором главный вектор сил инерции - $F_{SM}^i = \sum_{i=1}^k F_{ui}^i$ и момент сил инерции - $M_{um} = \sum_{i=1}^n M_{ui}$ равны нулю.

Неуравновешенность - такое состояние механизма, при котором главный вектор сил инерции - F_{SM}^i или главный момент сил инерции - M_{um} не равны нулю.

Статическая неуравновешенность – главный вектор сил инерции - F_{SM}^i не равен нулю.

Моментная неуравновешенность – момент сил инерции - M_{um} не равен нулю.

Динамическая неуравновешенность – главный вектор сил инерции - F_{SM}^i не равен нулю и момент сил инерции - M_{um} не равен нулю.

Ротор – звенья механизмов, совершающие вращательное движение и удерживаемые при этом своими несущими поверхностями в опорах (коленчатый вал, шпиндель токарного станка, якорь электродвигателя и др.).

Ротор уравновешенный – масса ротора распределена относительно оси вращения равномерно, главная центральная ось инерции $x-x$ совпадает с осью вращения.

В зависимости от взаимного расположения оси вращения и главной центральной оси инерции $x-x$ различают следующие неуравновешенности роторов (рис.5.1):

статическую, когда обе оси параллельны (рисунок 9.1, а);

моментную, когда оси пересекаются в центре масс ротора S (рисунок 9.1, б);

динамическую, когда оси либо пересекаются вне центра масс, либо перекрещиваются в пространстве (рисунок 9.1, в).

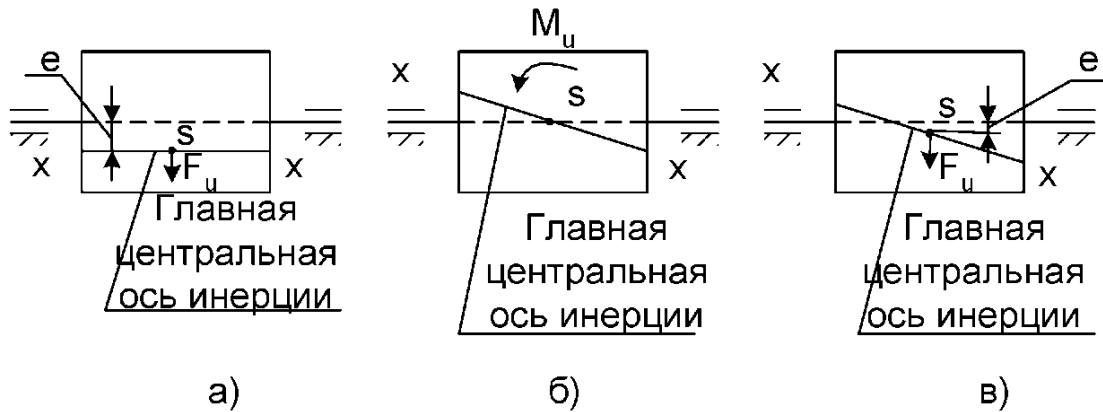


Рисунок 9.1

Динамически уравновешенный ротор – ротор, у которого главный момент сил инерции равен нулю.

Статически уравновешенный ротор – ротор, у которого главный вектор сил инерции равен нулю.

Балансировка ротора – технологическая операция для определения и устранения известной неуравновешенности.

Дисбаланс – мера статической неуравновешенности вращающихся деталей машин относительно их оси.

Главный вектор дисбалансов ротора $\bar{D}_{ст}$ равен произведению неуравновешенной массы m на эксцентриситет e – радиус – вектор центра масс S ротора. Направление главного вектора дисбаланса $\bar{D}_{ст}$ совпадает с направлением главного вектора сил инерции \bar{F}_u .

$$\bar{F}_u = m\bar{e}\omega^2 = \bar{D}_{ст}\omega^2$$

Уравновешивание масс механизма – распределение масс звеньев, устраняющее динамическое воздействие стойки на фундамент от инерции звеньев механизма.

10 ВИБРОАКТИВНОСТЬ И ВИБРОЗАЩИТА МАШИН

Вибрация – механические колебания в машинах или механизмах, возникающие при движении механической системы под действием внешних сил.

Колебание – движение или изменение состояния, обладающее той или иной степенью повторяемости или периодичностью.

Виброактивность – источник возникновения вибраций, определяется внутренними свойствами машины или механизма.

Внутренняя виброактивность – колебания, возникающие внутри механизма или машины, которые происходят по его подвижностям или обобщенным координатам. Они не оказывают непосредственного влияния на окружающую среду.

Внешняя виброактивность – изменение положения механизма приводит к изменению реакций в опорах и непосредственному вибрационному воздействию на связанные с ним системы. Одна из основных причин – неуравновешенность звеньев и механизма в целом.

Вибрационные воздействия (механические воздействия) – силы, вызывающие колебания объекта.

Вибропрочность – способность объекта не разрушаться при механических воздействиях.

Виброустойчивость – способность объекта нормально функционировать при механических воздействиях.

Динамические гасители или антивибраторы – виброзащитные устройства, в которых опасные резонансные колебания устраняются изменением соотношения между собственными частотами системы и частотами возмущающих сил (к объекту виброзащиты присоединяются дополнительные устройства с целью изменения их вибрационного состояния).

Виброизоляторы – виброзащитные устройства, в которых за счет их упругих и демпфирующих свойств уменьшается амплитуда колебаний как при резонансных и нерезонансных режимах.

Диссипативные силы – силы неупругого сопротивления, на преодоление которых непрерывно и необратимо расходуется энергия колебательной системы или возбудителей колебаний. Например, силы сопротивления вязкой среды (газ или жидкость), в которой происходят колебания.

Пружинный одномассный инерционный динамический гаситель выполняется в виде твердого тела массой m , прикрепленной к демпфируемому объекту пружиной с жесткостью c (рис.10.1), корректирует упругоинерционные и диссипативные свойства системы.

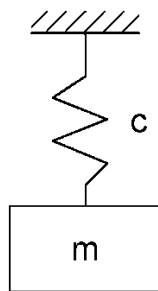


Рисунок 10.1

Катковый инерционный динамический гаситель (рис.10.2), прикрепленный к вибрирующему объекту, синхронизирует осуществляемое им движение с внешним возбуждением.

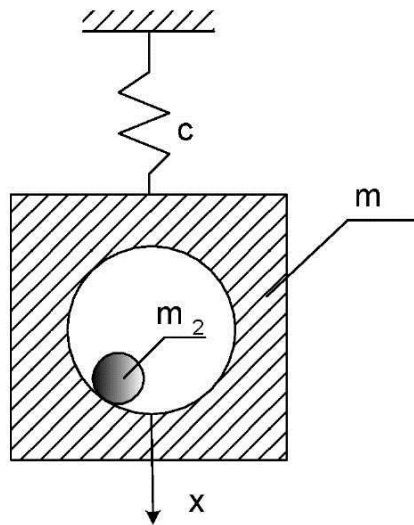


Рисунок 10.2

Маятниковый инерционный динамический гаситель располагается в поле центробежных сил, образованных вращением и являющимися причиной колебаний (рис.10.3). $m_1=m_2$.

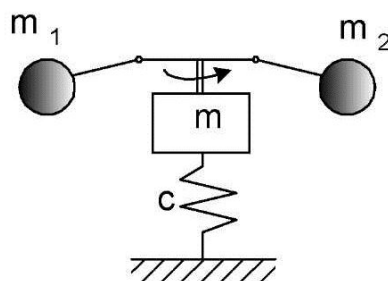


Рисунок 10.3

Ударный гаситель колебаний – его основу составляет тело массой m_2 (рис.10.4), соударяющееся с объектом защиты, колебания которого надо уменьшить. Плавающие ударные гасители выполняются в виде шара, цилиндра или кольца, установленного свободно с зазором.

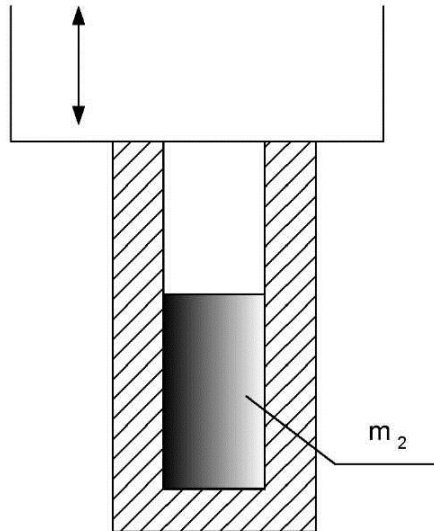


Рисунок 10.4

11 ТРЕНИЕ В МАШИНАХ

Внешнее трение – сопротивление относительному перемещению соприкасающихся тел в направлении, лежащем в плоскости их соприкосновения.

Внутреннее трение – противодействие относительному перемещению отдельных частей одного и того же тела.

Трение покоя – внешнее трение при относительном покое соприкасающихся тел.

Трение движения – внешнее трение при относительном движении соприкасающихся тел.

Трение скольжения – внешнее трение при относительном скольжении соприкасающихся тел.

Трение вращения – внешнее трение при вращении одного тела относительно другого вокруг общей нормали к поверхностям их соприкосновения.

Трение качения – внешнее трение при относительном качении соприкасающихся тел.

Чистое трение (ювенильное) – внешнее трение при полном отсутствии на трущихся поверхностях каких-либо посторонних примесей.

Сухое трение (трение не смазанных поверхностей) – внешнее трение, при котором трущиеся поверхности покрыты пленками окислов и адсорбированными молекулами газов или жидкостей.

Граничное трение – внешнее трение, при котором между трущимися поверхностями есть тонкий (порядка 0,1 мкм и менее) слой смазки.

Полужидкостное трение (смешанное) – между трущимися поверхностями есть слой смазки и несмотря на наличие смазки имеет место соприкосновения выступающих элементов поверхностей двух тел.

Жидкостное трение - поверхности трущихся твердых тел полностью отделены друг от друга слоем смазки.

Сила трения скольжения F – сила сопротивления при относительном перемещении одного тела по поверхности другого под действием внешней силы, тангенциально направленной к общей границе между телами. Сила трения всегда направлена противоположно скорости движения.

Сила трения покоя F_0 – наибольшая предельная сила сопротивления относительно движению трущихся тел в начальный момент движения.

$$F_0 = f_0 N; F = fN; F_0 > F; f_0 > f,$$

где f_0 - коэффициент трения скольжения покоя;

f - коэффициент трения скольжения движения;

N - сила нормального давления.

Коэффициент трения – отношение силы трения к силе нормального давления.

Угол трения φ – угол между векторами полной реакции R и вектором нормальной реакции N (рис 11.1).

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F}{N},$$

N – нормальная реакция;

F – сила трения;

P – внешняя сила;

Q – вес тела;

R – полная реакция.

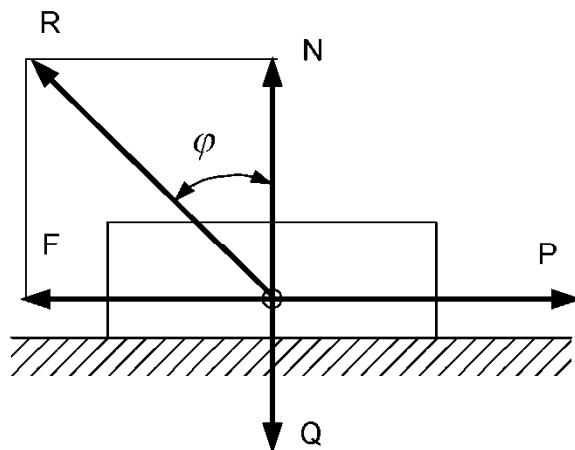


Рисунок 11.1

12 КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ МАШИН

Полный цикл установившегося движения характеризуется: работа всех движущихся сил равна работе всех сил сопротивления.

$$A_o = A_{nc} + A_m,$$

где A_o - работа всех движущих сил;

A_{nc} - работа сил полезного сопротивления;

A_m - работа всех сил трения.

Механический коэффициент полезного действия η – отношение абсолютной величины работы сил полезного сопротивления к работе всех движущих сил за время установившегося движения:

$$\eta = \frac{A_{nc}}{A_{os}} = \frac{A_{nc}}{A_{nc} + A_m}.$$

Коэффициент полезного действия может измеряться в пределах $0 \leq \eta < 1$.

При холостом ходе $\eta = 0$.

При самоторможении механизма $\eta < 0$.

Коэффициент полезного действия узлов машины, соединенных последовательно, равен произведению механических коэффициентов полезного сопротивления отдельных механизмов.

Коэффициент полезного действия всей цепи при параллельном соединении механизмов зависит не только от КПД отдельных механизмов, но и от того, как вся работа движущей силы распределена по отдельным механизмам. КПД всей машины будет выше, чем самый низкий КПД отдельного механизма.

13 МАШИНЫ-АВТОМАТЫ

Машина-автомат – машина, в которой все преобразования энергии, материалов и информации выполняются без непосредственного участия человека.

Автоматическая линия – совокупность машин-автоматов, соединенных между собой автоматическими транспортными устройствами и предназначенных для выполнения определенного технологического процесса.

Программа машины – совокупность предписаний, обеспечивающих выполнение технологического процесса.

Тактограмма машины – схема согласованности перемещений исполнительных органов в зависимости от их положения.

Циклограмма машины – схема согласованности перемещений исполнительных органов в зависимости от времени.

Такт движения – промежуток времени, в течение которого не меняется состояние ни одного из исполнительных органов.

Система управления машины – система, обеспечивающая согласованность перемещений всех исполнительных органов в соответствии с заданной программой.

Исполнительный орган (исполнительное звено) – звено, выполняющее в технологической машине заданные перемещения с целью изменения или контроля формы, размеров и свойств обрабатываемого предмета.

Числовое программное управление – управление, при котором информация о величине требуемых перемещений исполнительных органов сообщается системе управления в виде чисел, называемых информационными.

Логический элемент – устройство для выполнения логических операций.

Вход системы управления машины – часть системы управления машины, на которую подается воздействие извне.

Выход системы управления машины – часть системы управления машины, которая воздействует на машину, в соответствии с заданной программой.

Входной сигнал – сигнал, подаваемый на вход системы управления машины.

Выходной сигнал – сигнал, получаемый на выходе системы управления машины.

14 РОБОТЫ И МАНИПУЛЯТОРЫ

Промышленный робот – автоматическая машина, состоящая из манипулятора и устройства программного управления его движением, предназначенная для замены человека при выполнении основных и вспомогательных операций в производственных процессах.

Манипулятор – совокупность пространственного рычажного механизма и системы приводов, осуществляющая под управлением программированного

автоматического устройства или человека-оператора, действия (манипуляции), аналогичные действиям руки человека.

Автооператор – автоматически действующее устройство для выполнения одной или нескольких простых вспомогательных или транспортных операций.

Универсальный манипулятор – манипулятор, имеющий собственное управление конструкцией и независимый от обслуживаемого оборудования. Универсальные манипуляторы делятся на телеоператоры и промышленные работы.

Телеоператор – универсальный манипулятор с дистанционно-управляемым исполнительным органом для выполнения как вспомогательных, так и основных операций.

Промышленные роботы – предназначены для замены человека при выполнении основных и вспомогательных технологических операций в процессе промышленного производства.

Роботы 1-го поколения – имеют жесткую программу и требуют точного позиционирования деталей, с которыми работают.

Роботы 2-го поколения – дополнены элементами адаптации.

Блоки адаптации – включают датчики процесса и блоки коррекции сигналов управляющих устройств.

Роботы 3-го поколения (интегральные или интеллектуальные) – воспринимают окружающую обстановку, выбирают способ движения для достижения цели, сформулированной в программе в общем виде. Человек выступает как диспетчер – выдает задание, принимает информацию об исполнении.

Рабочая зона манипулятора (рабочий объем манипулятора) – пространство, в котором находится его рабочий орган при всех возможных положениях манипулятора.

Маневренность манипулятора – степень подвижности его при неподвижном схвате.

Подвижность манипулятора – число независимых обобщенных координат, однозначно определяющее положение схвата в пространстве.

По степени подвижности промышленные работы подразделяются на работы с двумя, тремя, четырьмя степенями подвижности и работы, со степенями подвижности более четырех.

Угол сервиса ψ – телесный угол, внутри которого схват можно подвести к требуемой точке.

Коэффициент сервиса – отношение угла сервиса к максимальному значению телесного угла ($\theta = \psi / 4\pi$, $\psi_{\max} = 4\pi$).

Цикловая система управления – система управления, при которой перемещение подвижных звеньев ограничивается либо конечными переключателями, либо жесткими переналаживающимися упорами.

Позиционная система управления – система управления, при которой координаты каждой последовательной позиции записываются в память. При воспроизведении исполнительное звено будет двигаться к записанной позиции.

Контурная система управления – система управления, при которой можно получить движение по определенной траектории.

Рабочий объем манипулятора – объем, ограниченный поверхностью огибающей все возможные положения схвата.

Маневренность манипулятора – степень подвижности его при неподвижном схвате.

Библиографический список

1. Теория механизмов и машин. Терминология. – М.: Наука, 1978.-32с
2. Теория механизмов и машин: учебник для втузов/ И.И. Артоболевский.- 4-е изд.я. перераб. и доп. – М.: Наука, 1988.- 640с
3. Теория механизмов и машин: учеб. пособие для студ. втузов/ Н.И. Ливитский. -2-е изд., перераб. и доп. –М: Наука, 1990.- 590с

4. Теория механизмов и машин: учеб. для студентов высш. техн. учебн. заведений/ К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др.; под ред. К.В. Фролова.- 5-е изд., стер. –М: Высш. шк., 2005. – 496с
5. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов/(Фролов К.В. и др.); под ред. Тимофеева.- Изд.6-е испр. и доп.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.- 688с.
6. ГОСТ 16530-70 – ГОСТ16532-70. Передачи зубчатые. – М.: Госстандарт,1971- 137 с.
7. Методические указания к терминологии в курсе «Теория механизмов и машин» для иностранных студентов и студентов механических специальностей дневной, вечерней и заочной форм обучения/ Н.В. Манько, - Ворошиловград, 1983 – 33с.