



ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

Инженерный институт

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Словарь терминов и определений

НОВОСИБИРСК 2020

Теория механизмов и машин: словарь терминов и определений/ Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: Ю.И. Евдокимов, О.И. Осипова – Новосибирск, 2020. – 20 с. изд. перераб. и доп.

Методическая разработка содержит установленные стандартные определения основных терминов и понятий курса Теория механизмов машин. Предназначена для студентов всех направлений подготовки Инженерного института очной и заочной форм обучения (Агроинженерия, Технология транспортных процессов, Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Профессиональное обучение (по отраслям), Техносферная безопасность).

Рекомендована для студентов Агрономического факультета (Природообустройство и водопользование), Биолого-технологического факультета (Продукты питания животного происхождения, Технология продукции и организация общественного питания, Стандартизация и метрология, Продукты питания из растительного сырья), а также студентам, обучающимся по инженерным направлениям подготовки.

Утверждена и рекомендована к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол от 29 сентября 2020 г. № 2)

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. МАШИНА И АГРЕГАТ

Теория механизмов и машин – наука об общих методах анализа и синтеза механизмов и машин.

Анализ механизма – исследование кинематических и динамических свойств механизма по заданной его схеме.

Синтез механизма – проектирование схемы механизма по заданным его свойствам.

Машина – техническое устройство, осуществляющее определённые механические движения, связанные с преобразованием энергии, свойств, размеров, формы или положения материалов (или объектов труда) и информации с целью облегчения физического и умственного труда человека, повышения его качества и производительности.

Виды машин:

Энергетическая машина - предназначенная для преобразования одного вида энергии в другой;

Машина-двигатель – преобразующая какой-либо вид энергии в механическую;

Машина-генератор - преобразующая механическую энергию в другой вид энергии;

Рабочая машина – предназначенная для преобразования материалов;

Транспортная машина преобразует только положение материала;

Технологическая машина преобразует форму, свойства и положение материала или объекта;

Информационная машина - предназначенная для получения и преобразования информации;

Контрольно-управляющая машина - предназначенная для преобразования информации с целью управления энергетическими или рабочими машинами;

Математическая машина - предназначенная для получения математических образов, соответствующих свойствам объекта;

Кибернетическая машина - предназначенная для имитации или замены человека в процессах деятельности, присущих только ему или объектам живой природы, и обладающая элементами искусственного интеллекта;

Машинный агрегат – техническая система, состоящая из одной или нескольких машин, соединённых последовательно или параллельно между собой, и предназначенная для выполнения каких-либо требуемых функций.

2. СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЗМОВ

Звено механизма – одна или несколько деталей, соединённых жёстко между собой.

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

Элемент кинематической пары - совокупность поверхностей, линий и отдельных точек звена, по которым оно соприкасается с другим звеном.

В **высших кинематических парах** элементом соприкосновения является **линия или точка**.

В **низших кинематических парах** элементом соприкосновения является **поверхность**.

Поступательная пара – одноподвижная пара, допускающая прямолинейно-поступательное движения одного звена относительно другого.

Вращательная пара - одноподвижная пара, допускающая вращательное движение одного звена относительно другого.

Цилиндрическая пара – двухподвижная пара, допускающая вращательное и поступательное (вдоль оси вращения) движение одного звена относительно другого.

Число степеней свободы механической системы называется число независимых параметров определяющих положение всех элементов системы.

Кинематическая цепь - система звеньев, соединённых между собой кинематическими парами.

Виды кинематических цепей:

Замкнутые – в которых каждое звено входит в не менее, чем в две кинематические пары с другими звеньями;

Незамкнутые – у которых имеются звенья, входящие только в одну кинематическую пару с другим звеном;

Плоские – у которых траектории движения точек всех звеньев находятся в параллельных плоскостях;

Пространственные – у которых есть звенья, траектории движения точек которых, не лежат в параллельных плоскостях.

Механизм - кинематическая цепь с неподвижным звеном, в которой при заданном движении одного или нескольких звеньев все другие звенья совершают вполне определённые движения.

Звенья механизмов:

Стойка – неподвижное звено механизма;

Входное звено – звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в определённые движения других звеньев;

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

Кривошип – звено, образующее вращательную пару со стойкой и способное совершать вокруг неё полный оборот;

Шатун – звено не входящее в кинематические пары со стойкой;

Коромысло - звено, образующее вращательную пару со стойкой, но не способное совершать вокруг неё полный оборот;

Ползун – звено, совершающее поступательное движение относительно стойки;

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

При изображении механизмов на чертежах применяют:

- **Структурную** (принципиальную) схему с применением условных обозначений без соблюдения размеров звеньев;

- **Кинематическую** схему с соблюдением размеров звеньев, необходимых для кинематического расчёта.

Виды механизмов в зависимости от конструктивного исполнения звеньев:

- **Рычажные** – содержащие только низшие кинематические пары;

- **Зубчатые** – содержащие зубчатые колёса;

- **Кулачковые** – содержащие высшую кинематическую пару;

- **Механизмы с гибкими звеньями** - содержащие звенья, не являющиеся твёрдыми телами;

- **Фрикционные** – в которых передача движения происходит за счёт сил трения.

Виды механизмов в зависимости от функционального назначения:

- **Шарнирный механизм** – механизм, звенья которого образуют между собой только вращательные пары;

- **Кривошипно – коромысловый механизм** – шарнирный четырёхзвенник, в состав которого входит кривошип и коромысло;

- **Двухкривошипный механизм** - шарнирный четырёхзвенник, в состав которого входят два кривошипа;

- **Двухкоромысловый механизм** - шарнирный четырёхзвенник, в состав которого входят два коромысла;

- **Кривошипно-ползунный механизм** – рычажный четырёхзвенный механизм, в состав которого входят кривошип и ползун;

- **Кулисный механизм** – рычажный механизм, в состав которого входит кулиса.

- **Направляющий механизм** – механизм для воспроизведения заданной траектории точки звена.

Обобщённые координаты механизма – независимые между собой параметры (линейные или угловые), определя-

ющие положения всех звеньев механизма относительно стойки.

Начальное звено – звено, которому приписывается одна или несколько обобщённых координат.

Структурная группа (группа Ассура) – элементарная кинематическая цепь, число степеней свободы которой относительно её внешних пар, равно нулю.

Принцип Ассура - образование сложных плоских рычажных механизмов осуществляется присоединением одной или нескольких структурных групп (групп Ассура) к начальному звену и стойке.

3. КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМОВ

Кинематический анализ механизма – изучение движения звеньев механизма без учёта, действующих на них сил.

Основные задачи кинематического анализа:

- **Определение положений** звеньев механизма и построение траекторий движения отдельных точек;
- **Определение скоростей** точек звеньев и угловых скоростей звеньев механизма;
- **Определение ускорений** точек звеньев и угловых ускорений звеньев механизма.

Методы кинематического анализа механизмов:

- **Геометрический метод** – основанный на анализе векторных контуров кинематических цепей механизмов, представленных в аналитическом или графическом виде;
- **Метод преобразования координат** точек механизма, решаемый в матричной или тензорной форме;
- **Метод кинематических диаграмм** – метод графического или численного дифференцирования или интегрирования;
- **Метод планов положений, скоростей и ускорений**, основанный на решении векторных уравнений, связывающих

кинематические параметры, в графическом виде или аналитической форме;

- **Экспериментальный метод.**

Функция положения механизма – зависимость углового или линейного перемещения точки или звена механизма от обобщённой координаты.

Кинематические характеристики механизма - производные от функции положения по времени.

Скорость – первая производная от функции положения по времени.

Ускорение - вторая производная от функции положения по времени.

Кинематические передаточные функции механизма – производные от функции положения по обобщённой координате.

Аналог скорости – первая производная передаточной функции по обобщённой координате.

Аналог ускорения – вторая производная передаточной функции по обобщённой координате.

План положений механизма – графическое изображение с учётом масштаба кинематической схемы механизма, соответствующее заданному положению начального звена.

План скоростей звена – фигура, образованная векторами скоростей точек звена.

План скоростей механизма – совокупность планов скоростей звеньев механизма с одним общим полюсом.

План ускорений звена – фигура, образованная векторами ускорений точек звена.

План ускорений механизма – совокупность планов ускорений звеньев механизма с одним общим полюсом.

Масштабный коэффициент – отношение численного значения физической величины в её единицах к длине отрезка в миллиметрах, изображающего эту величину на чертеже.

Шатунная кривая – траектория точки шатуна механизма.

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 своё крайнее положение.

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

Выстой – длительная остановка выходного звена при непрерывном движении входного звена.

4. СИЛОВОЙ РАСЧЁТ МЕХАНИЗМОВ

Основные задачи силового расчёта механизмов:

- **Определение реакций** в кинематических парах механизма;

- **Определение уравновешивающего момента**, действующего на входное звено механизма.

Сила – векторная величина, являющаяся мерой механического действия одного материального тела на другое.

Силы, действующие в механизмах:

- **Движущие силы** – силы, работа которых на данном промежутке времени положительна (силы сжатого газа, пара, электромагнитного поля и др.);

- **Силы сопротивления** - силы, работа которых на данном промежутке времени отрицательна;

- **Силы полезного сопротивления** – силы, на преодоление которых предназначен механизм;

- **Силы вредного сопротивления** – силы трения, сопротивления среды;

- **Силы тяжести звеньев** – результат взаимодействия каждой частицы звена с Землёй;

- **Силы инерции** – условные силы, которые вводятся в расчёт при движении звеньев с ускорением;

- **Силы реакций** – возникают при взаимодействии звеньев в местах их соприкосновения (кинематических парах).

Элементарная сила инерции материальной точки – векторная величина, равная произведению массы этой точки на её ускорение и направленная в сторону противоположную ускорению данной точки.

Главный вектор сил инерции звена – векторная величина, равная геометрической сумме элементарных сил инерции всех точек звена. Главный вектор сил инерции звена проходит через центр масс звена и направлен в сторону, противоположную ускорению центра масс данного звена.

Главный момент сил инерции звена – величина, равная сумме моментов всех элементарных сил инерции звена относительно данного центра. Главный момент сил инерции звена равен произведению углового ускорения звена на центральный момент инерции звена и направлен в сторону противоположную угловому ускорению звена.

Статический расчёт механизма – силовой расчёт без учёта сил инерции звеньев.

Кинестатический расчёт механизма – силовой расчёт с учётом сил инерции звеньев.

Принцип Д’Аламбера – если к внешним силам, действующим на звено механизма добавить силы инерции, то данную систему сил можно рассматривать как находящуюся в равновесии.

Условие кинестатической определенности кинематической цепи - число неизвестных параметров сил, действующих на цепь (величина, направление, точка приложения), равно числу уравнений равновесия цепи.

Рычаг – твёрдое тело с неподвижной осью вращения.

Рычаг Н.Е. Жуковского для данного механизма - жёсткая система, имеющая вид повернутого на 90° плана скоростей, закреплённого в полюсе.

Теорема Н.Е. Жуковского о рычаге – если силы, действующие на звенья механизма, перенести в соответствующие

точки рычага Жуковского, то при равновесии механизма, рычаг Жуковского тоже будет находиться в равновесии.

Угол давления – угол между вектором силы, приложенной к звену и вектором скорости точки приложения этой силы.

5. ДИНАМИКА МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Основные задачи динамического анализа механизмов и машин:

- **Определение закона движения** механизма под действием заданных сил;
- **Определение реакций** в кинематических парах механизма;
- **Определение потерь энергии**, на преодоление трения в кинематических парах. Определение механического коэффициента полезного действия;
- **Уравновешивание** механизмов и отдельных их звеньев;
- **Способы регулирования движения машины.**

Теорема об изменении кинетической энергии механической системы:

Изменение кинетической энергии механической системы на некотором перемещении равно алгебраической сумме работ всех сил, действующих на данную систему.

Условие для установившегося движения машины – для установившегося движения машины необходимо, чтобы работа движущих сил, действующих на машину, за время цикла равнялась работе сил сопротивления за то же время.

Приведённый момент сил для данной системы сил - такой момент сил, приложенный к звену приведения, мгновенная мощность которого равна алгебраической сумме мгновенных мощностей приводимых сил.

Приведённый момент инерции механизма – такой момент инерции, присвоенный звену приведения, при котором

кинетическая энергия звена приведения равна сумме кинетических энергий приводимых звеньев механизма.

Трение – сопротивление при относительном движении двух соприкасающихся тел.

Виды трения:

Трение скольжения (сухое и со смазкой);

Трение качения;

Трение при качении со скольжением.

Угол трения – угол наибольшего отклонения реакции от нормали к поверхностям соприкасающихся тел.

Коэффициент трения скольжения – величина, равная тангенсу угла трения.

Коэффициент трения качения – величина (мм), равная отклонению нормальной составляющей реакции от оси катящегося тела.

Конус трения – конус, у которого образующие отклонены на угол трения от его оси.

Коэффициент полезного действия механизма – отношение работы (или средней мощности) сил полезного сопротивления к работе (или средней мощности) движущих сил за время цикла.

Общий коэффициент полезного действия агрегата, состоящего из нескольких последовательно соединённых между собой механизмов равен произведению коэффициентов полезного действия отдельных механизмов, входящих в состав агрегата.

Коэффициент неравномерности движения механизма – отношение разности максимального и минимального значений обобщённой скорости механизма к его средней скорости за время цикла установившегося движения.

Маховик – вращающееся тело с большим моментом инерции. Играет роль механического аккумулятора энергии. Служит для уменьшения величины коэффициента неравномерности движения механизма при его работе.

Центробежный регулятор скорости – устройство для регулирования движения машины при внезапном изменении внешней нагрузки или движущих сил.

Дисбаланс – векторная величина, равная произведению неуравновешенной массы на её расстояние до оси вращения ротора.

Статическая балансировка ротора – распределение масс ротора, при котором центр его масс лежит на оси вращения. Главный вектор сил инерции ротора при его вращении равен нулю.

Динамическая (полная) балансировка ротора – распределение массы ротора, устраняющее давления от сил инерции в неподвижных опорах при вращении ротора. При динамической балансировке ротора главный вектор и главный момент сил инерции при его вращении равны нулю.

6. ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Шестерня – зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев.

Колесо - зубчатое колесо передачи с большим числом зубьев.

Передаточное отношение зубчатой передачи – отношение угловой скорости входного вала к угловой скорости выходного.

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

Виды зубчатых передач:

- с параллельными осями,
- с пересекающимися осями,
- со скрещивающимися осями.

Основная теорема плоского зацепления:

Общая нормаль к профилям звеньев высшей пары в точке их контакта делит линию центров на части, обратные пропорциональные угловым скоростям звеньев.

Делительная поверхность – соосная поверхность зубчатого колеса, которая является базовой для определения основных элементов зубьев и их размеров. Делительная поверхность делит зуб на головку и ножку.

Делительная окружность – окружность, принадлежащая делительной поверхности зубчатого колеса.

Начальные поверхности зубчатых колёс передачи с параллельными и пересекающимися осями – полностью совпадающие с аксоидными поверхностями колёс.

Начальная окружность – концентрическая окружность, принадлежащая начальной поверхности зубчатого колеса.

Окружной шаг зубьев – расстояние между одноимёнными профилями соседних зубьев по дуге концентрической окружности зубчатого колеса.

Угловой шаг зубьев – угол между осями симметрии двух соседних зубьев зубчатого колеса.

Нормальный шаг зубьев – расстояние между одноимёнными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности зубчатого колеса.

Нормальный модуль зубьев – линейная величина в π раз меньше окружного шага. Стандартному модулю соответствует делительная окружность.

Окружная толщина зуба – расстояние между разноимёнными профилями зуба по дуге концентрической окружности зубчатого колеса.

Окружная ширина впадины зубчатого колеса – расстояние между ближайшими разноимёнными профилями соседних зубьев по дуге концентрической окружности зубчатого колеса.

Полюс зацепления зубчатой передачи – точка касания начальных поверхностей зубчатых колёс передачи.

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

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

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

Эвольвента окружности – кривая описываемая точкой прямой линии при перекатывании её по окружности без скольжения. При этом прямая линия называется **производящей прямой**, а окружность – **основной окружностью**.

Угол зацепления – угол между линией зацепления и прямой, перпендикулярной межосевой линии.

Линия зацепления зубчатой передачи – траектория общей точки контакта при её движении относительно неподвижной плоскости.

Активная линия зацепления зубчатой передачи – часть линии зацепления зубчатой передачи, по которой происходит взаимодействие одного зуба с другим.

Межосевая линия передачи – прямая линия, пересекающая оси колёс передачи под прямым углом.

Делительное межосевое расстояние – межосевое расстояние цилиндрической зубчатой передачи, равное полусумме делительных диаметров зубчатых колёс при внешнем зацеплении или полуразности при внутреннем зацеплении.

Межосевое расстояние передачи – кратчайшее расстояние между осями вращения колёс.

Блокирующий контур – совокупность линий, ограничивающих область допустимых значений коэффициентов смещения для передачи с заданными числами зубьев.

Исходный контур – контур зубьев зуборезной рейки в сечении плоскостью, перпендикулярной её делительной плоскости.

Смещение исходного контура – расстояние по нормали между делительной поверхностью зубчатого колеса и делительной плоскостью зуборезной рейки.

Коэффициент смещения – отношение смещения исходного контура к расчётному модулю нарезаемого зубчатого колеса.

Методы нарезание зубчатых колёс:

Метод копирования – нарезание зубчатого колеса, при котором режущие кромки зуборезного инструмента (дисковая или пальцевая фреза) копируют форму впадины между двумя соседними зубьями колеса.

Метод огибания – нарезание зубчатого колеса, при котором боковые поверхности зубьев образуются как огибающие последовательных положений режущей кромки зуборезного инструмента (червячной фрезы, долбяка, зуборезной рейки).

Угол перекрытия – угол поворота зубчатого колеса от положения входа зуба в зацепление до выхода из него.

Коэффициент перекрытия – отношение угла перекрытия к угловому шагу.

7. ПЛАНЕТАРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Планетарный механизм - зубчато-рычажный механизм с двумя и более степенями свободы.

Звенья планетарного механизма:

- **Центральные колеса** - зубчатые колёса с неподвижными осями,

- **Сателлиты** – зубчатые колёса с подвижными осями,

- **Водило** – рычаг, несущий подшипники сателлитов.

Обращённый механизм – механизм, полученный из планетарного путём остановки водила.

Синтез планетарной передачи – подбор чисел зубьев колёс передачи для воспроизведения заданного передаточного отношения.

Условия синтеза планетарной передачи:

- условие обеспечения заданного передаточного отношения,

- условие соосности входного и выходного валов,
- условие соседства сателлитов,
- условие сборки,
- условие отсутствия интерференции в зацеплениях.

8. КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Кулачковым называется механизм, содержащий высшую кинематическую пару.

Кулачок – звено, вступающее в высшую кинематическую пару и имеющее рабочую поверхность переменной кривизны.

Толкатель – выходное звено кулачкового механизма.

Фазы движения толкателя :

- подъём (удаление),
- верхний выстой (дальнего стояния),
- опускания (сближение),
- нижний выстой (ближнее стояние).

Основная задача синтеза кулачкового механизма – построение профиля кулачка по заданному закону движения толкателя.

Метод обращения движения – рассматривается движение толкателя вместе со стойкой относительно кулачка, который условно принимается неподвижным.

Центровой профиль кулачка – траектория центра ролика в обращённом движении толкателя относительно кулачка.

Конструктивный профиль кулачка – рабочий профиль кулачка, по которому происходит контакт кулачка и толкателя.

9. СИНТЕЗ МЕХАНИЗМОВ

Структурный синтез механизма – проектирование структурной схемы механизма.

Кинематический синтез механизма – проектирование кинематической схемы механизма.

Динамический синтез механизма - проектирование кинематической схемы механизма с учётом его динамических свойств.

Точный синтез механизма – синтез механизма с точным выполнением заданных условий.

Приближённый синтез механизма - синтез механизма с приближённым выполнением заданных условий.

Интерполяционный синтез механизма – синтез механизма по методу интерполирования.

Квадратичный синтез механизма – синтез механизма по методу квадратичного приближения функции.

Синтез механизма по Чебышеву – синтез механизма по методу наилучшего равномерного приближения.

Оптимизационный синтез механизма – синтез механизма по методу оптимизации.

Входные параметры синтеза механизма – независимые между собой **постоянные параметры механизма, установленные заданием на его синтез.**

Выходные параметры синтеза механизма – независимые между собой постоянные параметры механизма, которые определяются в процессе его синтеза.

Функция положения механизма – зависимость координаты выходного звена от обобщённой координаты механизма.

Отклонение от заданной функции – разность между функцией, воспроизводимой механизмом, и заданной функцией.

Взвешенная разность – вспомогательная функция, минимизация которой приводит к минимизации отклонения от заданной функции.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. МАШИНА И АГРЕГАТ _____	3
2.	СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЗМОВ _____	3
3.	КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМОВ _____	6
4.	СИЛОВОЙ РАСЧЁТ МЕХАНИЗМОВ _____	7
5.	ДИНАМИКА МЕХАНИЗМОВ И МАШИН _____	8
6.	ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ _____	10
7.	ПЛАНЕТАРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ _____	12
8.	КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ _____	12
9.	СИНТЕЗ МЕХАНИЗМОВ _____	13

Составители: *Евдокимов Юрий Иванович*
Осипова Ольга Ивановна

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Словарь терминов и определений

Редактор
Компьютерная вёрстка

Н.К. Крупина
Булгаков С.А.

Подписано в печать 29 сентября 2020 г.

Формат 84×108/32. Объем 1,4 уч.-изд. л

Тираж 100 экз. Изд. № . Заказ №

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института

630039, Новосибирск, ул. Никитина 147