

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 22.01.2021 16:00:43
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Оксана Геннадьевна Локтионова
« 15 » _____ 2017 г.



МЕХАНИКА МАШИН
методические указания по выполнению практической и
самостоятельной работы для студентов направления
«Мехатроника и робототехника»

УДК 681.323

Составители: Е.Н. Политов, А.Н. Рукавицын, Б.В. Лушников

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент Юго-Западного государственного университета *В.Я. Мищенко*

Механика машин: методические указания по выполнению выполнению практической и самостоятельной работы для студентов направления «Мехатроника и робототехника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.Н. Политов, А.Н. Рукавицын, Б.В. Лушников. Курск, 2017. 46 с.

Изложены теоретические предпосылки, задания и примеры решения задач по дисциплине «Механика машин».

Методические указания предназначены для студентов направления «Мехатроника и робототехника» для всех форм обучения.

Также материал может быть использован при выполнении лабораторных работ по дисциплинам «Теория механизмов и машин», «Механика», «Прикладная механика» для студентов технических специальностей и направлений всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.02.17 . Формат 60x84 1/16.
Усл.печ.л.2,7. Уч.-изд.л.2,7. Тираж 30 экз. Заказ 3161. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1 Основные понятия и определения механики машин | 6 |
| 2. Структурный анализ рычажных механизмов и манипуляторов | 12 |
| 3 Кинематический анализ рычажных механизмов: определение скоростей точек и угловых скоростей звеньев | 15 |
| 4 Кинематический анализ рычажных механизмов: определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев | 19 |
| 5 Силовой анализ рычажных механизмов: определение реакций в кинематических парах | 23 |
| 6 Силовой анализ рычажных механизмов: определение уравновешивающего момента на валу кривошипа | 26 |
| 7 Кинематический анализ зубчатых механизмов | 28 |
| 8 Уравновешивание механизмов | 32 |
| 9 Кейс-задачи и производственные задачи | 36 |
| 10 Тестовые задания для самоподготовки | 41 |
| Список рекомендуемой литературы | 43 |

ВВЕДЕНИЕ

Механика машин формирует общетехническую подготовку инженеров специальностей машино- и приборостроительного, технологического профиля.

Предмет дисциплины - теоретические основы проектирования и надёжной эксплуатации изделий и объектов машиностроения, типовых для данной отрасли.

Основные компетенции в соответствии с ФГОС ВО по направлению 15.03.06 Мехатроника и робототехника и рабочей программой дисциплины «Механика машин» для данного направления, формируемые у студентов в ходе изучения данного курса, показатели и критерии определения уровня их сформированности приведены в табл. В.1.

Таблица В.1 - Показатели и критерии определения уровня сформированности компетенций (частей компетенций)

| Код компетенции (или её части) | Уровни сформированности компетенций | | |
|--|--|---|--|
| | Пороговый (удовлетворительный) | Продвинутый (хороший) | Высокий (отличный) |
| 2 | 3 | 4 | 5 |
| ПК-1 способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей | знать: модели типовых элементов мехатронных и робототехнических систем | знать: принципы составления расчетных схем и математических моделей отдельных элементов и модулей | знать: принципы составления расчетных схем и математических моделей мехатронных и робототехнических систем |
| | уметь: составлять математические модели подсистем и отдельных элементов и модулей | уметь: составлять мат. модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, применять методы математического анализа и моделирования | уметь: составлять математические модели, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| | владеть: навыками составления математических моделей подсистем и отдельных | владеть: способностью определять основные характеристики элементов мехатронных и робото- | владеть: способностью определять основные характеристики элементов мехатронных и робото- |

| 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|--|
| | элементов и модулей | технических систем на основе разработанных моделей. | технических систем на основе разработанных моделей; способностью теоретического и экспериментального исследования систем |
| ПК-11 способность производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных средств измерительной и вычислительной техники | знать: принципы расчета простейших типовых элементов мехатронных и робототехнических систем | знать: принципы определения способов расчета отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем | знать: современные методы расчета отдельных устройств и подсистем с использованием стандартных средств вычислительной техники |
| | уметь: производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем | уметь: производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных средств измерительной и вычислительной техники | уметь: определять и применять методы расчета механических систем в приложении к конкретным инженерным задачам в профессиональной деятельности |
| | владеть: навыками расчета простейших типовых элементов мехатронных и робототехнических систем | владеть: способностью производить расчеты простейших типовых элементов мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных средств вычислительной техники | владеть: способностью определять и применять различные способы расчета отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных средств ВТ |

1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИКИ МАШИН

Под **машиной** понимают устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации с целью замены или облегчения физического и умственного труда человека.

Признаками машины является использование какой-либо формы движения и совершение полезной работы. Этим машины отличаются от сооружений (строительных конструкций) и от приборов.

Различают энергетические, технологические, транспортные и информационные машины.

Энергетические машины предназначены для преобразования любого вида энергии в механическую (или наоборот).

Машины для преобразования материалов подразделяются на технологические и транспортные. Преобразование материала в технологических машинах состоит в изменении его размеров, формы, свойств и состояния. В транспортных машинах под материалом понимается перемещаемый предмет.

Машины, предназначенные для получения и преобразования информации, называются информационными.

Машины состоят из механизмов. В состав машины могут входить также другие машины, выполняющие определенные функции, например, в состав технологической машины может входить двигатель – энергетическая машина.

На рис. 1.1 дана типовая схема машины.

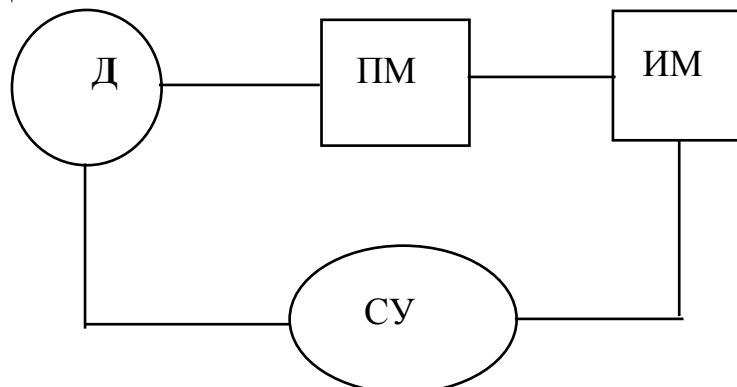


Рис. 1.1: Д – двигатель, ПМ – передаточный механизм, ИМ – исполнительный механизм, СУ – система управления приводом

Типовая технологическая машина состоит из одного или нескольких двигателей, одного или нескольких исполнительных ме-

ханизмов, одного или нескольких передаточных механизмов и многоканальной системы автоматического управления.

Исполнительный механизм предназначен для реализации заданного движения и выполнения требуемых операций.

Передаточный механизм должен обеспечивать с заданной степенью точности передачу движения и его преобразование от двигателя к исполнительному механизму.

Вообще, **механизмом** называется система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких твёрдых тел в требуемое движение других тел.

Основным признаком механизма является преобразование механического движения.

В машинах различного назначения применяют разнообразные механизмы – рычажные, кулачковые, зубчатые и др.

Механизмы применяют в основном для преобразования вращательного движения входного звена в качательное или возвратно-поступательное движение выходного звена.

Если звенья механизма движутся в одной плоскости, то механизм называется плоским.

Каждый механизм состоит из отдельных звеньев, одно из которых является неподвижным и называется **стойкой**. Остальные звенья относительно стойки совершают вполне определенные движения.

Звенья механизма в зависимости от их функции в механизме разделяют на входные и выходные, ведущие и ведомые. **Входным** называют звено, которому сообщается движение от двигателя, **выходным** - звено, реализующее движение, для которого и предназначен механизм.

Подвижное соединение двух звеньев образует *кинематическую пару*. Наибольшее распространение получили кинематические пары, в которых одно звено относительно другого совершает вращательное или поступательное движение. В соответствии с этим пары называют вращательными или поступательными.

Участки звеньев пары, которыми они входят в соприкосновение называют элементами пары. Если соприкосновение происходит по поверхности, то пара называется *низшей*, а если по линии или в точке, то - *высшей*. Примерами низших пар могут быть ползун и стойка (неподвижная направляющая), цилиндрический шарнир (вал и подшипник) и т.д.

Классы кинематических пар

Определение движения звеньев кинематической пары объясняется ее структурой. Известно, что каждое звено в отдельности имеет 6 степеней свободы, т. е. может получать 6 возможных перемещений в пространстве - три поступательных вдоль координатных осей и три вращательных относительно этих осей.

При соединении звеньев в кинематическую пару, каждое из них накладывает на другое ограничения в движении (связи), в результате чего теряется определенное число степеней свободы. По числу связей, наложенных на относительное движение звеньев, кинематические пары делятся на 5 классов.

Класс кинематической пары определяется по формуле:

$$S = 6 - W, \quad (1.1)$$

где W – число относительных подвижностей звеньев, образующих пару

Пример. Определить класс кинематической пары, представленной на рис. 1.1.

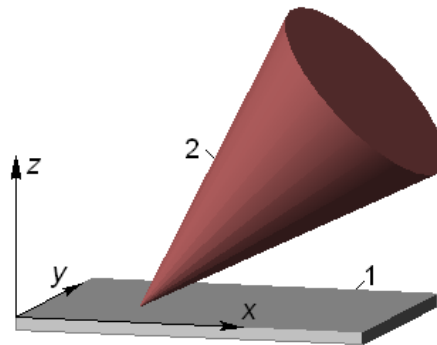


Рис. 1.1 Определение класса кинематической пары

Решение.

Используем формулу (1.1).

Звено 2 относительно звена 1 может совершать 2 поступательных движения (вдоль осей x и y) и три вращательных (вокруг всех трёх осей координат).

Таким образом $W = 2 + 3 = 5$.

Тогда класс пары: $S = 6 - 5 = 1$ (кинематическая пара I класса).

Данная пара является высшей, т.к. контакт между звеньями осуществляется в точке.

Кинематические цепи и механизмы

Совокупность соединенных между собой звеньев в кинематические пары называют *кинематической цепью*. Кинематические цепи разделяют на разомкнутые и замкнутые, простые и сложные. Разомкнутая цепь имеет свободные элементы, к которым могут быть присоединены другие звенья. В замкнутой цепи все звенья образуют замкнутый контур, не имеющий свободных элементов.

В кинематических цепях все звенья подвижны. Если же одно из звеньев закрепить неподвижно, то цепь превращается в *механизм*. По характеру движения точек звеньев механизма относительно выбранной плоскости кинематические цепи и механизмы разделяют на плоские и пространственные. В плоских цепях и механизмах точки всех звеньев движутся параллельно одной плоскости. Такое движение, например, в рычажных механизмах обеспечивается параллельным расположением осей шарниров. Если же оси шарниров расположены не параллельно, то точки звеньев описывают пространственные траектории, т.е. движутся не параллельно одной плоскости.

Степень подвижности механизма

Число подвижных звеньев, которое необходимо для сообщения ведомым звеньям заданных движений, зависит от структуры механизма, т. е. от числа звеньев и числа кинематических пар различных классов. Эта зависимость отражается структурной формулой механизма, определяющей степень подвижности (число ведущих звеньев) в зависимости от его структуры.

Для плоских механизмов формула для определения степени подвижности (формула П.Л. Чебышева) имеет вид:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4, \quad (1.2)$$

где W - степень подвижности механизма;

n - число подвижных звеньев;

p_5 - число пар V-го класса;

p_4 - число пар IV-го класса.

Пример. Определить степень подвижности механизма, изображенного на рис. 1.2.

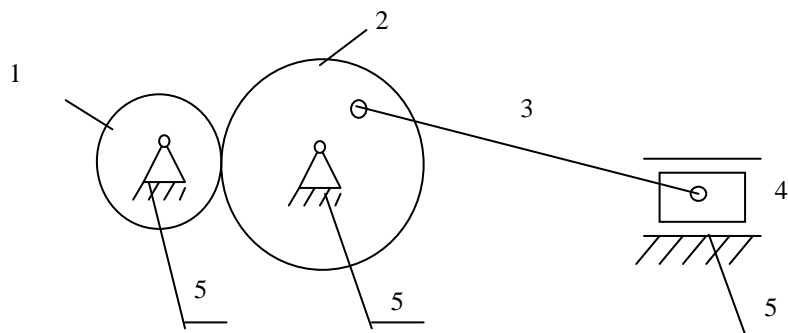


Рис. 1.2. Определение степени подвижности плоского механизма

Решение. Механизм имеет 4 подвижных звена (1, 2, 3, 4), число пар V-го класса - 5 (между звеньями 5-1, 5-2, 2-3, 3-4, 5-4), число пар IV-го класса - 1 (между звеньями 1-2).

Степень подвижности будет равна $W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 - 1 = 1$.

Следовательно, для работы механизма необходимо одно ведущее звено. В принципе, ведущим звеном может быть любое звено, например, ползун 4. Однако, чаще всего ведущим звеном является кривошип.

Задания и вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля

1. Определить класс кинематических пар, представленных на рис. 1.3

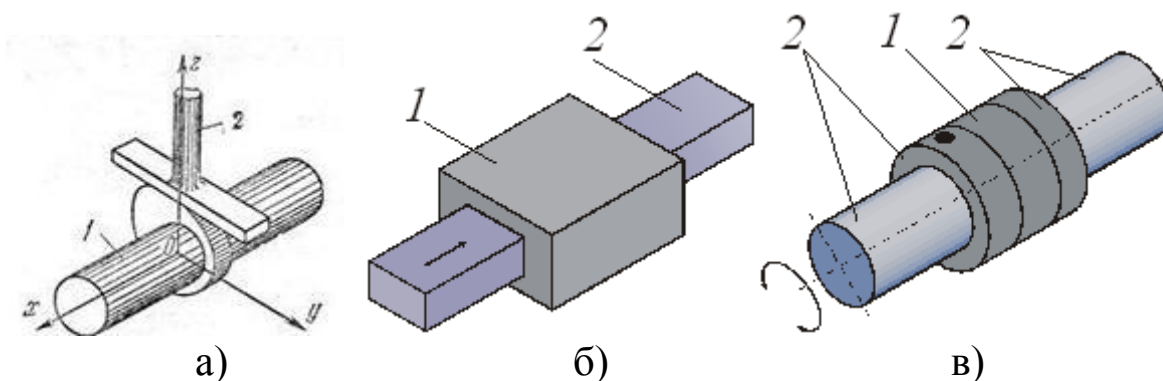


Рис. 1.3 Определение класса кинематической пары

2. Определить степень подвижности механизмов, изображенных на рис. 1.4

3. Что такое машина?
4. Что такое механизм?
5. Классификация машин по назначению

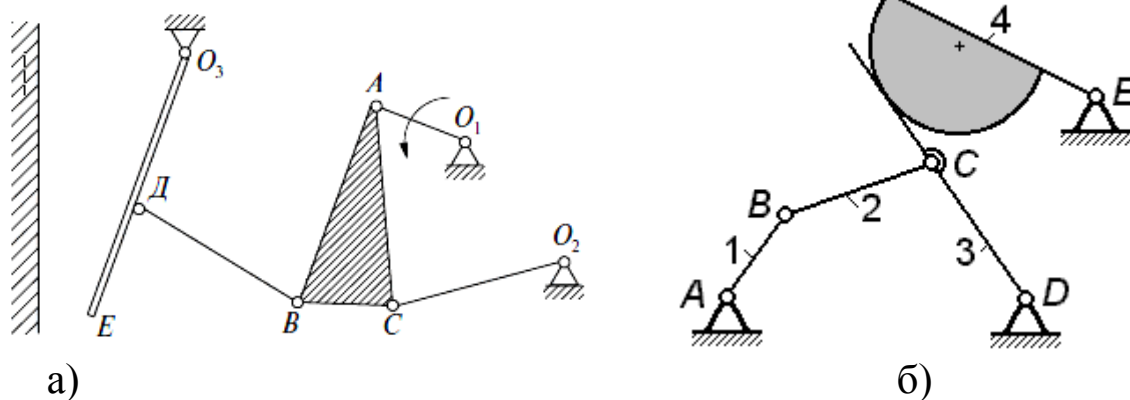
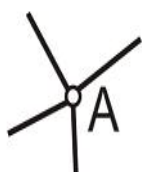


Рис. 1.4 Определение степени подвижности механизма

6. Что называют звеньями и кинематическими парами?
7. Как классифицируются кинематические пары по относительному движению звеньев, видам элементов и классам?
8. Что называют кинематической цепью и как классифицируют кинематические цепи?
9. В чем отличие механизма от кинематической цепи? Какие звенья имеет механизм?
10. Как определить степень подвижности механизма?
11. Примером технологической машины является...
 - сверлильный станок
 - арифмометр
 - электродвигатель
 - автомобиль
12. Примером энергетической машины является...
 - токарный станок
 - арифмометр
 - генератор
 - автомобиль
13. Чему равно количество кинематических пар в точке А?



2. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ И МАНИПУЛЯТОРОВ

Структурный анализ механизма

Пример. Провести структурный анализ механизма, схема которого изображена на рис. 1.10.

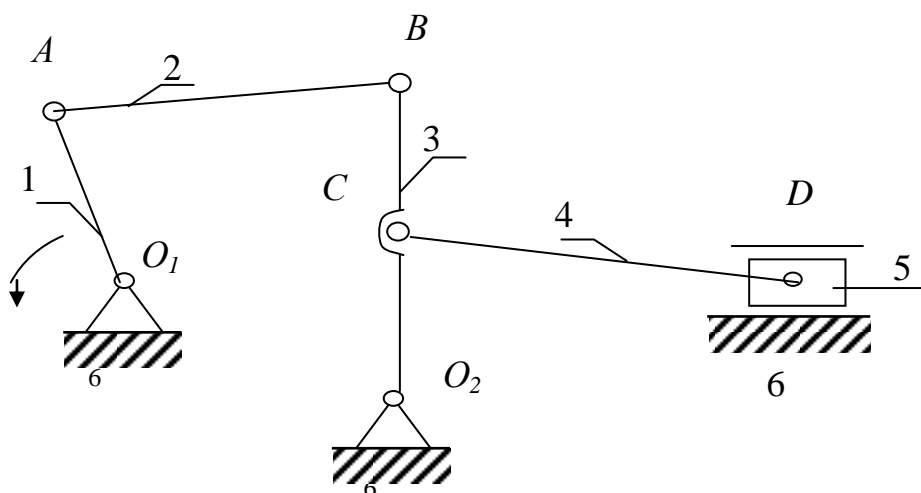


Рис. 2.1. Структурный анализ плоского рычажного механизма

1. Определяем звенья и кинематические пары, составляющие данный механизм (табл. 2.1)

Таблица 2.1 - Характеристика звеньев и кинематических пар

| № п/п | Звенья | | Кинематические пары | | |
|-------|----------------------|------------|---------------------|--------------|---------------------------|
| | Наименование звеньев | Роль звена | Обозначения | Звенья, пары | Относит. движение звеньев |
| 1 | Кривошип | Ведущее | O_1 | 6-1 | Вращательное |
| 2 | Шатун | Ведомое | A | 1-2 | |
| 3 | Коромысло | | B | 2-3 | |
| 4 | Шатун | | C | 3-4 | |
| 5 | Ползун | | O_2 | 6-3 | |
| 6 | Стойка | Неподвиж. | D | 4-5 | Вращательное |
| | | | D | 6-5 | Поступательн. |

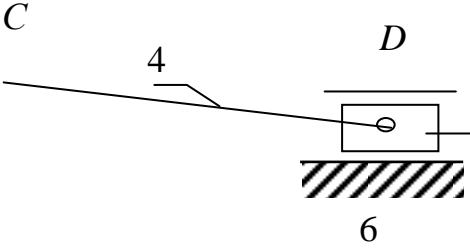
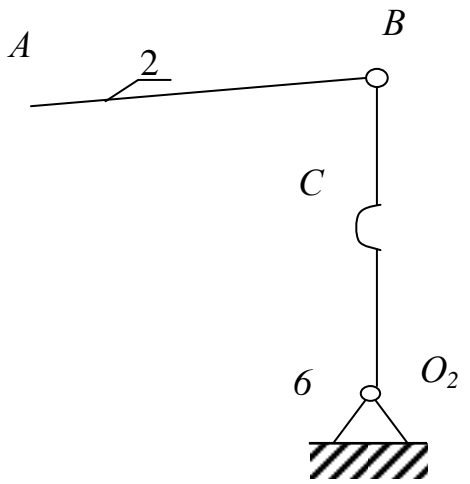
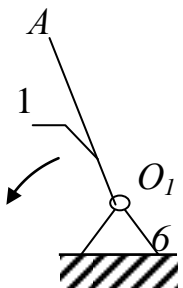
2. Выделяем структурные группы (табл. 2.2)

3. Определяем класс и порядок механизма, степень его подвижности.

Степень подвижности механизма: $W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$

Таблица 2.2.

Характеристика структурных групп механизма

| Схема структурной группы | Проверка степ. подвижности | Класс группы | Порядок группы |
|---|---|--------------|----------------|
|  | $W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$ | II | II |
|  | $W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$ | II | II |
|  | $W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1$ | I | I |

Задание на самостоятельную работу

1. Выбрать макет (схему) механизма
2. Построить (начертить) план механизма.
Линейный масштаб:
3. Заполнить таблицу характеристик звеньев и кинематических пар (пример: табл.1, 2).
4. Определить степень подвижности механизма:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4,$$

где W - степень подвижности механизма; n - число подвижных звеньев; p_5 - число пар V-го класса; p_4 - число пар IV-го класса.

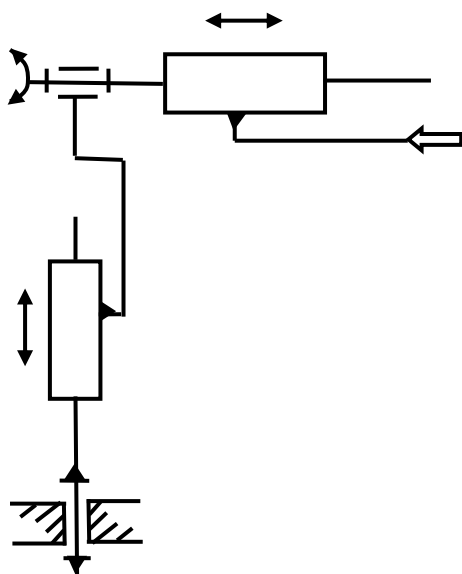
5. Сформулировать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Как определить степень подвижности механизма?
2. Что называют структурной группой? Каких видов бывают структурные группы?
3. Как определяют класс и порядок структурной группы механизма?
4. В каком порядке раскладывается механизм на структурные группы?
5. Умение проводить структурный анализ механизма
6. Умение строить план положений механизма
7. Диаграмма положений механизма. Что такое рабочий и холостой ход выходного звена?
8. В

Контрольные задания

1. Провести структурный анализ заданного рычажного механизма
2. По известной схеме механизма построить положение всех звеньев и точек механизма для заданного положения кривошипа.
3. Определить степень подвижности манипулятора (см. рисунок).



3 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТОЧЕК И УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ ЗВЕНЬЕВ

Кинематический анализ механизма состоит в определении движения звеньев механизма по заданному закону движения ведущего звена.

Основные задачи кинематического анализа: определение положения звеньев и траекторий отдельных точек звеньев механизма; определение скоростей и ускорений точек звеньев и определение угловых скоростей и угловых ускорений звеньев механизма.

При этом задаются структурная схема механизма с указанием размеров звеньев и законы движения ведущих звеньев механизма.

Рассмотрим пример кинематического расчёта механизма *графоаналитическим методом*.

Наиболее распространённым является метод планов, при этом длины звеньев, перемещения точек, скорости и ускорения изображают в соответствующих масштабах (μ_s , μ_v , μ_a).

Этот метод рассмотрим на примере кривошипно-ползунного механизма, показанного на рис. 2.2.

Пример. Построить план положений и план скоростей механизма.

Планом положений называется графическое изображение временного расположения звеньев механизма соответствующее выбранному моменту времени. С помощью планов механизма можно наглядно проследить за движением его звеньев и точек. Для построения траекторий точек A, B и C необходимо построить ряд последовательных положений механизма (рис. 1.11,а, 10.12,б). Плавная линия, проведённая через все одноимённые точки механизма, и будет искомой траекторией точки звена.

Диаграммой перемещений называется график движения исполнительного звена за один цикл (оборот кривошипа) в зависимости от времени или угла поворота кривошипа (рис. 1.11,б).

Для цикловых механизмов, в том числе рычажных, на диаграмме движения четко определяются рабочий и холостой ход исполнительного звена. Также по диаграмме движения можно определить ряд важных геометрических и кинематических характеристик механизма: ход исполнительного звена, коэффициент изменения

средней скорости исполнительного звена на рабочем и холостом ходу, положения механизма, соответствующие максимальной и минимальной скорости исполнительного звена и т.д.

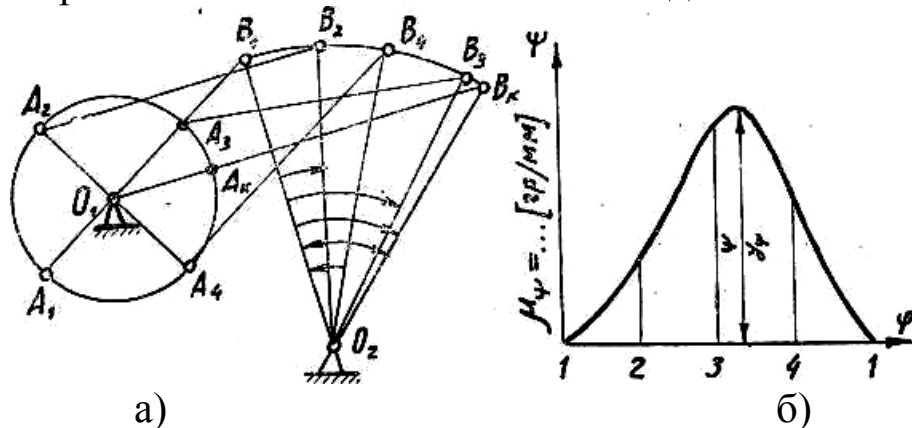


Рисунок 2.2. Кривошипно-коромысловый механизм:

а) – план положений; б) диаграмма перемещений:

φ – угол поворота кривошипа, ψ – угол поворота коромысла;
1-4 – положения механизма

Для построения траекторий точек A, B и C необходимо построить ряд последовательных положений механизма (рис.1.12,б). Плавная линия, проведённая через все одноимённые точки механизма, и будет искомой траекторией точки звена.

Для построения плана скоростей должна быть известна кинематическая схема механизма и задан закон движения ведущего звена. Построим планы скоростей и ускорений для схемы, показанной на рис.1.12,а. Известны, длины звеньев и угловая скорость кривошипа OA ($\omega_1 = \text{const}$)

$$\begin{aligned} \text{Скорость точки } A: \\ \bar{v}_A = \omega_1 \cdot l_{OA}; \quad \bar{v}_A \perp OA. \end{aligned}$$

Скорость точки B определяется по теореме о скоростях точек тела, совершающего плоское движение:

$$\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA}; \quad \bar{v}_{BA} \perp AB.$$

Для определения скоростей строим план скоростей в масштабе

$$\mu_v = \frac{v_A}{P_v a},$$

где $P_v a$ – отрезок на плане скоростей, изображающий скорость точки A .

Из произвольного полюса P_v (рис.1.12, в) проводим отрезок $P_v a$, из точки a проводим прямую в направлении $\bar{v}_{BA} (\perp AB)$, а из

полюса P_V проводим прямую в направлении \overline{UB} . Точка пересечения прямых b , определит концы векторов \overline{UB} и \overline{UBA} . Их величины:

$$v_B = \mu_v(P_V b); \quad v_{BA} = \mu_v(ab).$$

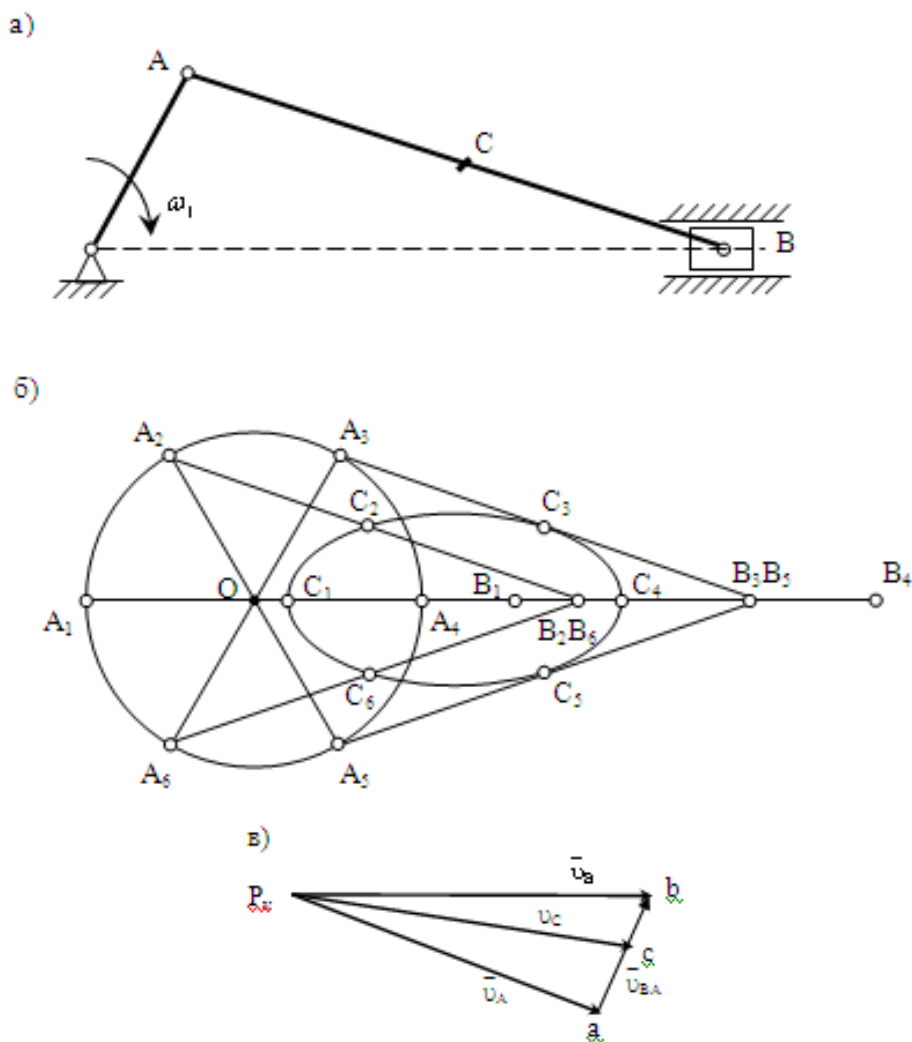


Рис.2.3. Кривошипно-ползунный механизм:
а – схема; б – план положений; в – план скоростей

Для определения скорости точки C воспользуемся теоремой подобия, согласно которой отрезки на плане механизма подобны отрезкам на плане скоростей, т.е.

$$\frac{AB}{AC} = \frac{ab}{ac}; \quad ac = ab \frac{AC}{AB}; \quad v_C = \mu_v(P_V c).$$

Угловая скорость шатуна AB :

$$\omega_{AB} = \frac{v_{BA}}{l_{AB}}.$$

Задание на самостоятельную работу

1. Выбрать макет (схему) механизма
2. Построить (начертить) план механизма.
Линейный масштаб:
3. Построить план положений механизма
4. Построить план скоростей механизма для 1-2 положений
5. Определить значения скоростей характерных точек и угловых скоростей звеньев механизма
6. Сформулировать выводы по работе.

Контрольные вопросы и задания

1. Умение строить план положений механизма
2. Диаграмма положений механизма. Что такое рабочий и холостой ход выходного звена?
3. В чём заключается кинематический анализ механизмов?
4. По известной схеме механизма построить положения всех звеньев и точек механизма для заданного положения кривошипа.
5. Для заданного положения механизма построить план скоростей, определить скорости характерных точек

4 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЙ ТОЧЕК И УГЛОВЫХ УСКОРЕНИЙ ЗВЕНЬЕВ

Планом ускорений называется графическое изображение векторных уравнений, связывающих ускорения характерных точек механизма. План ускорений строят в той же последовательности, что и план скоростей. Каждый из векторов представляют нормальной \bar{a}^n и тангенциальной \bar{a}^t составляющими. При этом нормальное ускорение всегда известно по величине и направлению (к центру относительного вращения), а тангенциальное – перпендикулярно ему и неизвестно по величине.

В этих уравнениях также подчеркивают снизу вектора, известные по величине и направлению прямой чертой, а известные только по направлению – волнистой чертой, а также указывают их направление. Так для вектора нормальной составляющей ускорения a_{MN}^n , направленного от точки М к точке N (центр относительного вращения), внизу пишется М→N.

Метод подобия применяют также, как и для построения планов скоростей, но только для полных составляющих относительных ускорений. При этом подобную фигуру строят на плане по трем сторонам, величина одной из которых известна, а две другие определены из соответствующих пропорций, при чтении букв по вершинам фигуры, составленной из полных относительных ускорений, и фигуры на звене механизма. Полное ускорение точки механизма, совершающей сложное движение, состоит из переносного, относительного и кориолисова ускорений. Последнее обусловлено тем, что звенья, имеющие линейную относительную скорость $V^{отн}$, совершают вращательное движение с угловой скоростью $\omega_{пер}$ вокруг мгновенного центра вращения. Для плоского механизма $a^{кор} = 2\omega_{пер} \cdot V^{отн}$, так как в этом случае синус угла между векторами угловой скорости переносного движения $\omega_{пер}$ и скорости относительного движения $V^{отн}$ равен единице:

$$\sin(\bar{\omega}_{пер} \bar{V}^{отн}) = 1.$$

Направление $\bar{a}^{кор}$ определяется по правилу векторного произведения или по **правилу Жуковского**: проекцию вектора относительной скорости $V^{отн}$ на плоскость, перпендикулярную оси пере-

носного вращения, необходимо повернуть на 90° в сторону угловой скорости ω_e переносного вращения.

Переносное и относительное ускорения также должны быть представлены нормальной и тангенциальной составляющими.

Неизвестные тангенциальные составляющие определяются пересечением прямых, изображающих направления этих ускорений.

Затем находят полные относительные и абсолютные ускорения, а по тангенциальным составляющим подсчитывают величины угловых ускорений ε звеньев и определяют их направления.

Порядок построения плана ускорения и его использования для нахождения ускорений рассмотрим на следующих примерах.

Пример Определить ускорения точек и угловые ускорения звеньев кривошипно-ползунного механизма, представленного на рис.4.1,а.

Решение.

Ускорение т.А конца кривошипа 1 рассчитываем по формуле для вращательного движения:

$$\bar{a}_A = \bar{a}_A^n + \bar{a}_A^\tau.$$

Нормальное ускорение подсчитываем по формуле:

$$a_a^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = _ _ (м/с^2),$$

а его вектор направлен из т.А по звену 1 в т.О.

Тангенциальное ускорение:

$$a_A^\tau = \varepsilon_1 \cdot l_{OA} = _ _ (м/с^2).$$

Однако при равномерном вращении кривошипа 1 ($\omega_1 = \text{const}$) угловое ускорение $\varepsilon_1 = 0$, поэтому $a_A^\tau = 0$ и $\bar{a}_A = \bar{a}_A^n$. Произвольно выбирая длину отрезка p_{va} , изображающего вектор \bar{a}_A (рекомендуется 70...100 мм), вычисляем масштаб плана ускорения:

этому в векторном уравнении (5.1) он подчеркнут волнистой чертой. На плане ускорений из т.п проводят прямую, перпендикулярную звену АВ.

Задание на самостоятельную работу

1. Начертить план (схему) механизма.
Линейный масштаб:
2. Построить план скоростей механизма для 1 положения
3. Определить значения скоростей характерных точек и угловых скоростей звеньев механизма
4. Построить план ускорений механизма для выбранного положения
5. Определить значения ускорений характерных точек и угловых ускорений звеньев механизма
6. Сформулировать выводы по работе.

Контрольные вопросы и задания

1. В чём заключается кинематический анализ механизмов?
2. Как определяется кориолисово ускорение?
3. Сформулируйте теорему об ускорениях точек плоской фигуры
4. Для заданного положения механизма построить план ускорений, определить ускорения характерных точек

5 СИЛОВОЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАХ

Силовой расчет производят с помощью графоаналитических методов при рассмотрении простых схем и матричных методов, позволяющих решать задачи любой сложности.

Рассмотрим графоаналитический метод расчета.

При этом механизм мысленно расчлняют на структурные группы, являющиеся статически определимыми системами, и анализируют равновесие каждой группы. Силовой расчет начинается с группы, наиболее удаленной от ведущего звена, и завершается расчетом ведущего звена.

Последовательность расчета покажем на примере механизма, схема которого изображена на рис. 8.10.

Пусть на звенья механизма действуют известные силы: силы тяжести $\bar{G}_1, \bar{G}_2, \bar{G}_3$, сила полезной нагрузки \bar{P}_c , силы инерции \bar{F}_2^n, \bar{F}_3^n . Требуется определить реакции во всех кинематических парах и уравновешивающий момент M_y на кривошипе 1.

Выделим структурную группу, состоящую из звеньев 2 и 3 (рис. 8.10, б), и рассмотрим ее равновесие на основании метода кинестатики.

На структурную группу действуют (рис. 8.10, в): сила полезной нагрузки \bar{P}_c , силы тяжести \bar{G}_2 и \bar{G}_3 , силы инерции \bar{F}_2^n и \bar{F}_3^n , реакции \bar{R}_{34} и \bar{R}_{21} . Реакцию \bar{R}_{21} раскладываем на составляющие \bar{R}_{21}^n и \bar{R}_{21}^τ . Запишем:

$$\bar{R}_{21}^n + \bar{R}_{21}^\tau + \bar{G}_2 + \bar{F}_2^n + \bar{G}_3 + \bar{P}_c + \bar{R}_{34} = 0.$$

Для определения \bar{R}_{21}^τ составим уравнение моментов относительно точки B

$$\sum m_B(\bar{F}_k) = 0; \quad R_{21}^\tau \cdot AB + G_2 h_2 - \bar{F}_2^n h_2' - M_2^n = 0,$$

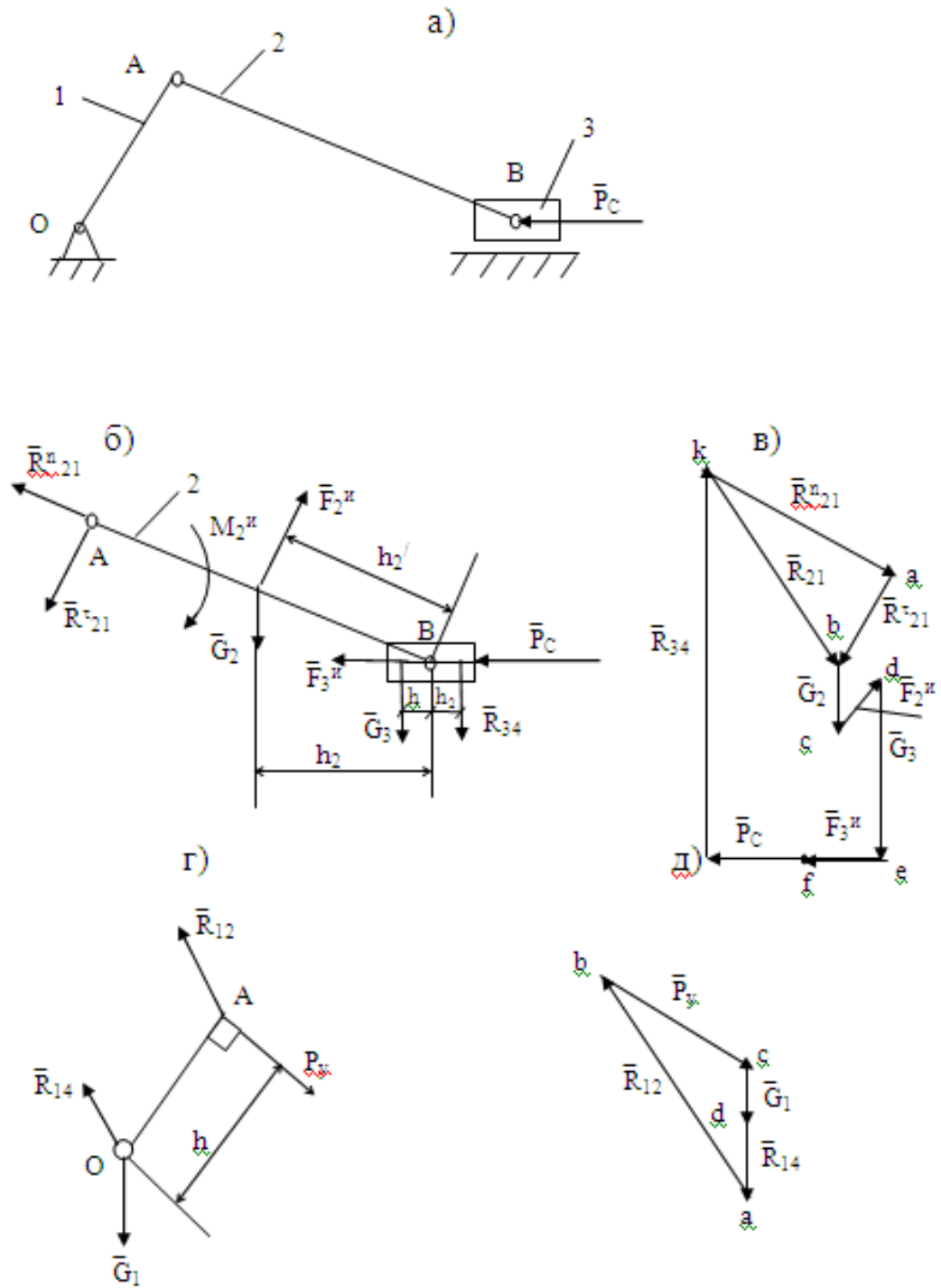


Рис. 8.10. Силовой расчет механизма
 а – схема механизма; б – схема структурной группы; в – план сил структурной группы; г – схема ведущего звена; д – план сил ведущего звена

Откуда

$$R_{21}^{\tau} = \frac{M_2^n - G_2 h_2 + F_2^n h_2'}{AB}.$$

Остальные неизвестные находим из плана сил, построенного в масштабе μ_F . Получаем замкнутый силовой многоугольник $abcdefgk$, из которого находим

$$\bar{R}_{21}^n = \mu_F(ka); \quad R_{21} = \mu_F(kb); \quad R_{34} = \mu_F(gk).$$

Для определения точки приложения реакции R_{34} рассмотрим равновесие звена 3 и составим уравнение моментов относительно точки B

$$\sum m_B(\bar{F}_k) = 0; \quad G_3h - R_{34}h_3 = 0; \quad h_3 = G_3h/R_{34}.$$

Выделим ведущее звено; на него действуют: сила тяжести \bar{G}_1 , уравновешивающая сила \bar{P}_y ($P_y \perp OA$), реакции \bar{R}_{12} ($|\bar{R}_{21}| = |\bar{R}_{12}|$) и \bar{R}_{14} . На основании метода кинестатики запишем

$$\bar{R}_{12} + \bar{P}_y + \bar{G}_1 + \bar{R}_{14} = 0$$

Из уравнения моментов относительно точки A : $\sum m_A(\bar{F}_k) = 0$, $R_{12} \cdot h - P_y \cdot OA = 0$ найдем уравновешивающую силу.

$$P_y = \frac{R_{12}h}{OA}$$

и уравновешивающий момент

$$M_y = P_y l_{OA}.$$

Реакцию R_{14} определим из плана сил, построенного в масштабе μ_F (8.10, д):

$$R_{14} = \mu_F(da).$$

Задание на самостоятельную работу

1. Начертить план (схему) механизма.
2. Определить реакции в кинематических парах механизма
3. Сформулировать выводы по работе.

Контрольные вопросы и задания

1. В чём заключается силовой анализ механизмов?
2. Какие силы действуют на звенья механизма?
3. Как определяются реакции?
4. Для заданного положения механизма провести силовой анализ

6 СИЛОВОЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАВНОВЕШИВАЮЩЕГО МОМЕНТА НА ВАЛУ КРИВОШИПА

Уравновешивающую силу P_y можно найти более коротким методом, предложенным Н.Е.Жуковским.

Теорема Н.Е.Жуковского о жестком рычаге. Если силу, приложенную к какой-либо точке звена плоского механизма, перенести параллельно самой себе в одноименную точку повернутого на 90° плана скоростей, то момент этой силы относительно полюса плана скоростей будет пропорционален ее мощности.

Мощность некоторой силы F_i , приложенной к точке механизма, имеющей скорость v_i , может быть определена следующим образом

$$N_i = \frac{A_i}{t} = \frac{\bar{F}_i \cdot \bar{s}_i}{t} = \bar{F}_i \cdot \bar{v}_i.$$

$$\text{Или} \quad N_i = \bar{F}_i \cdot \bar{v}_i = F_i \cdot v_i \cdot \cos(\bar{F}_i, \bar{v}_i). \quad (7.8)$$

Следовательно, произведение силы и скорости точки ее приложения с учетом косинуса угла между направлениями этих векторов позволяет рассчитать значение мощности, развиваемой данной силой. Как раз эту процедуру и реализует теорема Н.Е.Жуковского.

На основании теоремы Жуковского представляется возможным определить уравновешивающую силу как движущую силу, необходимую для обеспечения равномерного движения входного звена.

Физический смысл метода "жесткого рычага" Н.Е.Жуковского заключается в том, что при установившемся режиме работы циклового механизма в любой момент времени должен выполняться баланс мощностей: мощность $N_{дв}$, поступающая в механизм за счет движущих сил, должна быть равна алгебраической сумме мощностей N_i , расходуемых силами, действующими на звенья механизма:

$$N_{дв} = \sum_{i=1}^n N_i. \quad (7.9)$$

Для механизма, представленного на рис. 6.2, методика определения уравновешивающей силы будет состоять в следующем:

1. План скоростей механизма в анализируемом положении поворачивают на 90° (желательно в ту сторону, чтобы одноименные точки плана скоростей и плана положений механизма максимально совпали).

2.К соответствующим точкам повернутого плана скоростей, рассматриваемого уже как "жесткая" неизменяемая фигура, прикладывают путем параллельного переноса все внешние активные силы: силы тяжести, силы инерции, силу полезного сопротивления и уравновешивающую силу. Точка приложения каждой силы на жестком рычаге должна быть определена по принципу подобия.

3.Составляется уравнение равновесия жесткого рычага с приложенными к нему силами в виде уравнения моментов относительно полюса т. p_v , из которого определяется величина уравновешивающей силы P_y .

Сопоставление уравновешивающих сил, определенных из силового анализа и методом "жесткого рычага", позволяет осуществлять проверку и оценивать погрешность расчетов.

Задание на самостоятельную работу

1. Начертить план (схему) механизма и план скоростей.
2. Определить действующие на механизм силы
3. Используя метод Жуковского, определить уравновешивающий момент
4. Сформулировать выводы по работе.

Контрольные вопросы и задания

5. В чём заключается силовой анализ механизмов?
6. Сформулируйте теорему Н.Е.Жуковского о жестком рычаге
7. Какие силы действуют на звенья механизма?
8. Как определяется уравновешивающий момент?

7 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ

При проектировании зубчатых механизмов возникает необходимость обеспечить передачу вращения с большим передаточным отношением или при значительных межосевых расстояниях. Для этого применяют многозвенные зубчатые механизмы.

Они могут быть как с неподвижными осями колес, так и с подвижными (планетарные и волновые механизмы). Проектирование многозвенных зубчатых механизмов включает в себя: выбор структурной схемы и определение чисел зубьев для воспроизведения заданного передаточного отношения.

Такие механизмы делятся на понижающие (редукторы) и повышающие (мультипликаторы) скорость вращения выходного вала по сравнению с входным.

Число степеней свободы механизмов с неподвижными осями колес равно единице.

Общее передаточное отношение многозвенных зубчатых передач равно произведению передаточных отношений отдельных ступеней, последовательно включенных в его состав.

Зная числа зубьев колес и пользуясь формулой для определения передаточного отношения для пары колес, получим для общего случая

$$U_{in} = \frac{\omega_1}{\omega_n} = (-1)^k \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \dots \cdot \frac{Z_n}{Z_{n-1}},$$

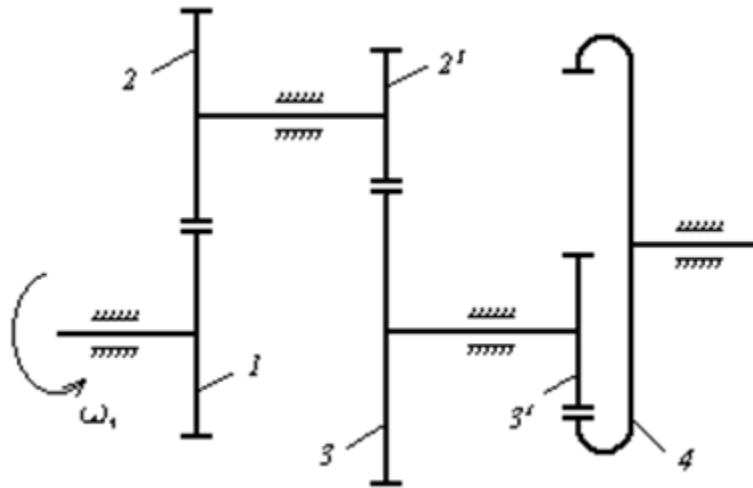
где k - число пар колес внешнего зацепления.

Знак (-) указывает на то, что направление вращения ведомого колеса противоположно направлению вращения ведущего колеса.

В некоторых зубчатых механизмах имеются колеса, которые не влияют на передаточное отношение, а влияют только на его знак, а также величину межосевого расстояния. Такие зубчатые колеса называют паразитными.

Пример решения задания

Определить угловую скорость колеса 4, для схемы механизма, показанного на рисунке, если заданы числа зубьев



К задаче 10.3

колес: $Z_1 = 20$; $Z_2 = 30$; $Z_{2'} = 18$; $Z_3 = 36$; $Z_{3'} = 25$; $Z_4 = 100$;
 угловая скорость колеса 1 $\omega_1 = 200 \text{ рад/с}$.

Решение.

Передаточное отношение механизма $U_{14} = \frac{\omega_1}{\omega_4}$. Выразим пере-

даточное отношение через числа зубьев

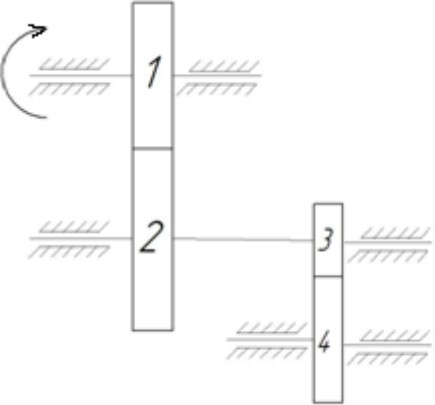
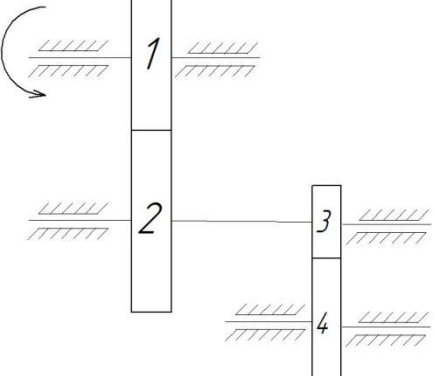
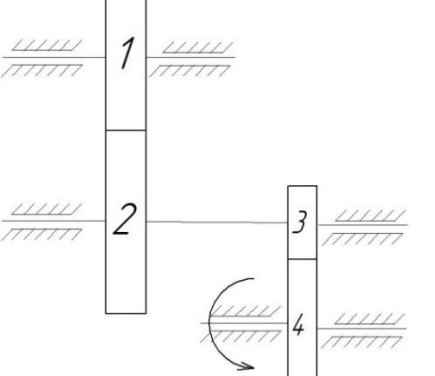
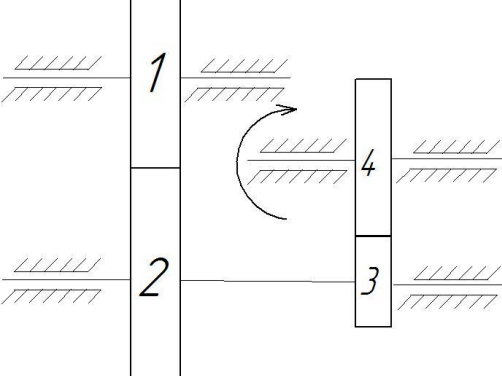
$$U_{14} = (-1)^2 \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_3}{Z_2'} \cdot \frac{Z_4}{Z_3'} = \frac{30}{20} \cdot \frac{36}{18} \cdot \frac{100}{25} = 12,$$

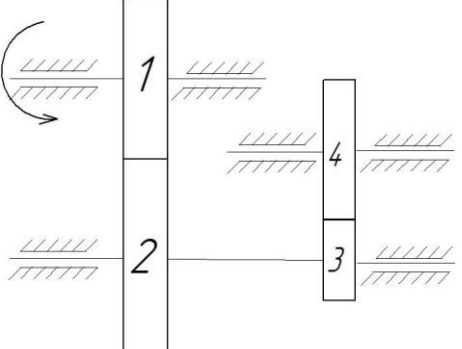
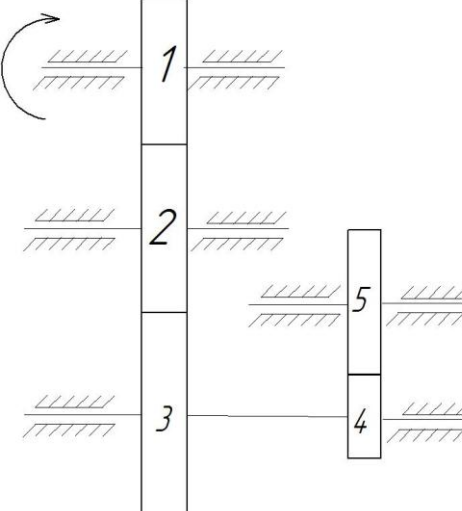
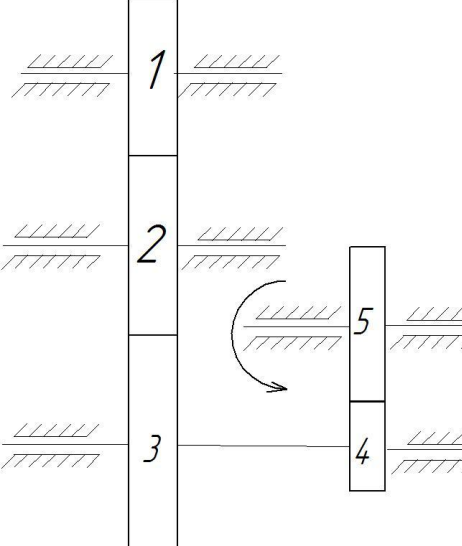
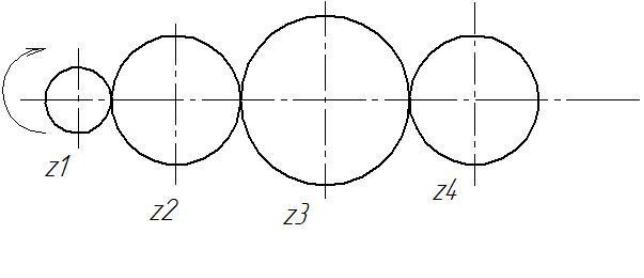
угловая скорость колеса 4

$$\omega_4 = \frac{\omega_1}{U_{14}} = \frac{200}{12} = 16.7 \left(\text{рад/с} \right).$$

Задание для самостоятельной работы

Решить задачу в соответствии с вариантом

| | | |
|---|---|---|
| 1 |  | <p>Числа зубьев колес зубчатой передачи: $z_1=20$, $z_2=40$, $z_3=10$, $z_4=20$. Угловая скорость колеса 1 равна 30 рад/с. Найти угловую скорость колеса 4</p> |
| 2 |  | <p>Числа зубьев колес зубчатой передачи: $z_1=40$, $z_2=20$, $z_3=20$, $z_4=40$. Угловая скорость колеса 1 равна 10 рад/с. Найти угловую скорость колеса 4</p> |
| 3 |  | <p>Числа зубьев колес зубчатой передачи: $z_1=20$, $z_2=40$, $z_3=50$, $z_4=100$. Угловая скорость колеса 4 равна 20 рад/с. Найти угловую скорость колеса 1</p> |
| 4 |  | <p>Числа зубьев колес зубчатой передачи: $z_1=20$, $z_2=50$, $z_3=18$, $z_4=36$. Угловая скорость колеса 4 равна 20 рад/с. Найти угловую скорость колеса 1</p> |

| | | |
|---|---|--|
| 5 |  | <p>Числа зубьев колес зубчатой передачи: $z_1=45$, $z_2=15$, $z_3=60$, $z_4=30$. Угловая скорость колеса 1 равна 12 рад/с. Найти угловую скорость колеса 4</p> |
| 6 |  | <p>Числа зубьев колес зубчатой передачи: $z_1=40$, $z_2=25$, $z_3=20$, $z_4=50$, $z_5=20$. Угловая скорость колеса 1 равна 10 рад/с. Найти угловую скорость колеса 5</p> |
| 7 |  | <p>Числа зубьев колес зубчатой передачи: $z_1=70$, $z_2=40$, $z_3=140$, $z_4=200$, $z_5=500$. Угловая скорость колеса 5 равна 50 рад/с. Найти угловую скорость колеса 1</p> |
| 8 |  | <p>Числа зубьев колес зубчатой передачи: $z_1=40$, $z_2=80$, $z_3=100$, $z_4=20$. Угловая скорость колеса 1 равна 10 рад/с. Найти угловую скорость колеса 4</p> |

8 УРАВНОВЕШИВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

От действия сил инерции возникают динамические нагрузки на станины машин или на фундамент, которые устраняют путем уравновешивания вращающихся звеньев механизмов. О полном устранении динамических реакций свидетельствует равенство нулю главного вектора \bar{F}^n и главного момента сил инерции \bar{M}^n , т.е. выполнение условий:

$$1) \bar{F}^n = 0; \quad 2) \bar{M}^n = 0.$$

Если выполняется только первое условие, которое равносильно нахождению центра масс звена на оси вращения, то говорят о статическом уравновешивании механизма. В этом случае возникает центробежная сила инерции

$$F^n = m\omega^2 r_s$$

За меру статической неуравновешенности принимается дисбаланс – статический момент масс звена относительно оси вращения:

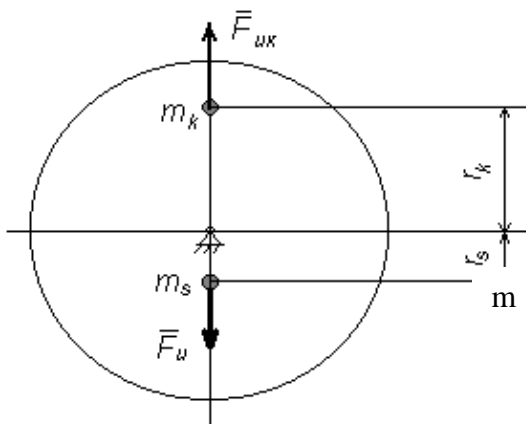
$$D = m r_s,$$

где m – масса звена; r_s – расстояние центра масс звена от оси вращения; ω – угловая скорость вращения звена.

Уравновешивание звена достигается посредством установки корректирующей массы m_k на расстоянии r_k от оси вращения в направлении, противоположном центру масс (рис. 8.11). При этом должно быть выполнено условие

$$m_k \bar{r}_k = - m \bar{r}_s.$$

Статическому уравновешиванию подвергают тела, поперечные размеры которых значительно больше продольных (шкивы, зубчатые колеса, диски и т.п.).



Р и с. Схема статического уравновешивания звена

Для тел, поперечные размеры которых сопоставимы с продольными (роторы, валы, центрифуги и т.д.), должно выполняться полное уравнивание. Оно достигается в том случае, если ось вращения звена совпадает с одной из главных осей инерции. Для этого устанавливают две корректирующие массы в произвольных плоскостях, называемых плоскостями коррекции.

Полное и статическое уравнивание выполняются на специальных балансировочных станках.

Пусть ротор центрифуги (рис. 8.12) вращается вокруг горизонтальной оси. К нему приложены главный вектор \bar{F}^n и главный момент M^n . Оси координат выберем так, чтобы плоскость XOY проходила через центр тяжести ротора. Противовесы будем устанавливать в выбранных произвольно плоскостях Π_1 и Π_2 .

Силу F^n заменим двумя силами F_{C1} и F_{C2} , расположенными в плоскостях Π_1 и Π_2 так, чтобы сила F^n была их равнодействующей. Для этого составим уравнения:

$$F^n = F_{C1} + F_{C2}; F_{C1}l_1 = F_{C2}l_2,$$

откуда

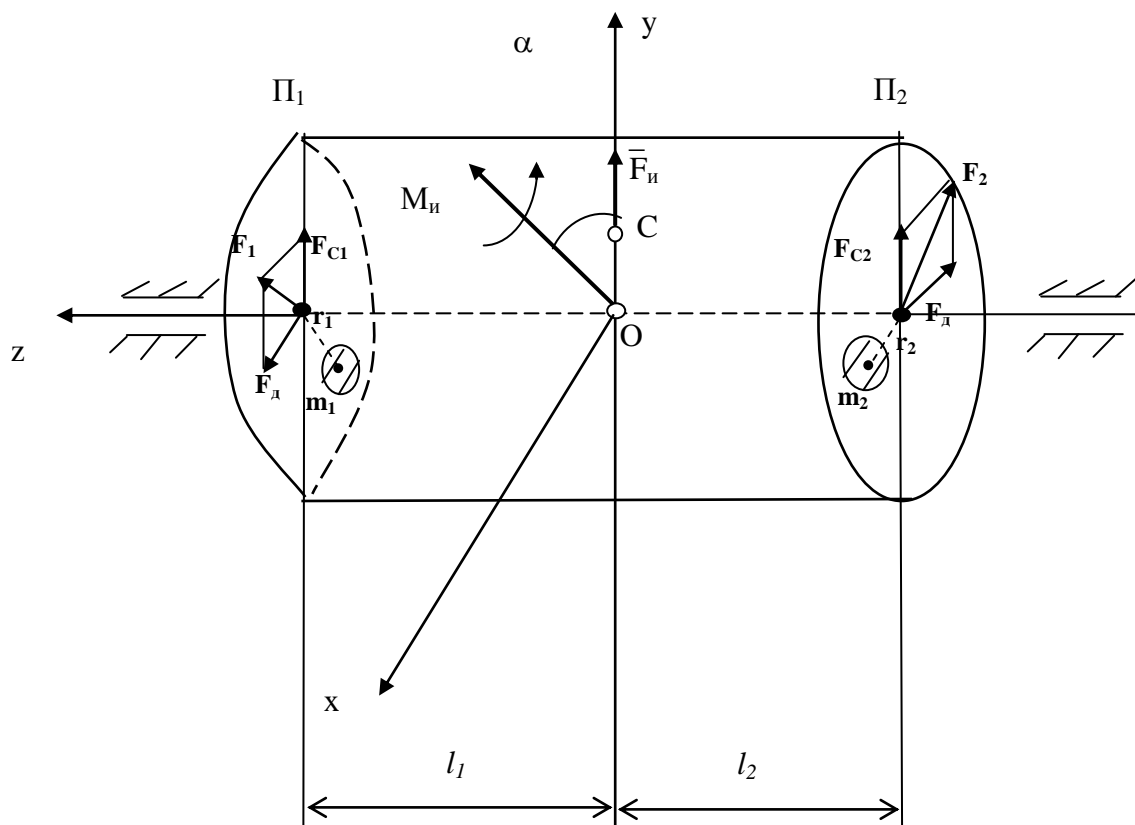
$$F_{C1} = \frac{F^n l_2}{l_1 + l_2}; \quad F_{C2} = \frac{F^n l_1}{l_1 + l_2}.$$

Момент M_n заменим парой, силы F_d , которой расположены в плоскостях Π_1 и Π_2 :

$$F_d = \frac{M_n}{l_1 + l_2}.$$

Сложение сил F_{C1} , F_{C2} и F_d дает равнодействующие \bar{F}_1 и \bar{F}_2 .

Таким образом, сила \bar{F}^n и момент M^n заменены силами \bar{F}_1 и \bar{F}_2 , расположенными в плоскостях Π_1 и Π_2 . Чтобы их уравновесить, достаточно с противоположной стороны разместить противовесы массой m_1 и m_2 на расстояниях r_1 и r_2 так, чтобы их силы инерции уравнивали известные силы \bar{F}_1 и \bar{F}_2 .

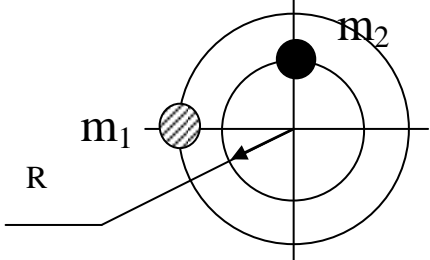
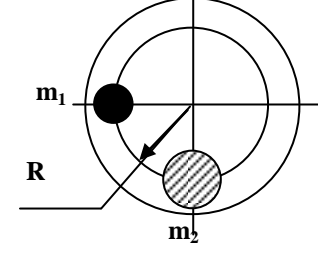
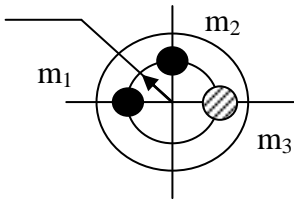
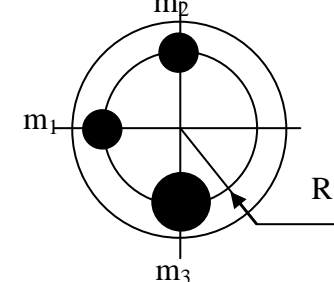


Р и с. Схема динамического уравновешивания звена

Задание на самостоятельную работу

Решить задачу в соответствии с вариантом

| | | |
|---|--|--|
| 1 | <p>Определить уравновешивающую массу и место её установки на окружности радиуса $R=0,2\text{м}$. $m_1=m_2=1\text{кг}$. $m_3=2\text{кг}$.</p> | |
| 2 | <p>Определить уравновешивающую массу и место её установки на окружности радиуса $R=0,2\text{м}$ $m_1=m_2=0,5\text{кг}$, $m_3=1,0\text{кг}$.</p> | |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | <p>Определить уравнивающую массу и место её установки на окружности радиуса $R=0,2\text{м}$</p> <p>$m_1 = 1\text{кг}$; $m_2 = 2\text{кг}$</p> |  |
| 4 | <p>Определить уравнивающую массу и место её установки на окружности радиуса $R=0,2\text{м}$.</p> <p>$m_1=0,5\text{кг}$, $m_2=1\text{кг}$</p> |  |
| 5 | <p>Определить уравнивающую массу и место её установки на окружности радиуса $R=0,2\text{м}$.</p> <p>$m_1=m_2=1\text{кг}$. $m_3=2\text{кг}$.</p> |  |
| 6 | <p>Определить уравнивающую массу и место её установки на окружности радиуса $R=0,2\text{м}$</p> <p>$m_1=m_2=0,5\text{кг}$, $m_3=1,0\text{кг}$.</p> |  |

Контрольные вопросы

1. При каком условии обеспечивается полное уравнивание вращающегося звена?
2. Дайте определение дисбаланса?
3. Как определяется положение и величина уравнивающей массы?

9 КЕЙС-ЗАДАЧИ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ

Производственная задача 1

Привод мехатронного модуля состоит из электродвигателя, муфты, конической и цилиндрической зубчатых передач.

По заданным характеристикам привода требуется:

1. Подобрать электродвигатель.
2. Определить общее передаточное отношение привода и разбить его по ступеням.
3. Найти крутящие моменты на валах.
4. Определить диаметр тихоходного вала.

Дано:

$$P_{\text{вых}} = 20 \text{ кВт}$$

$$\omega_{\text{вых}} = 9 \text{ рад/с}$$

Пример решения

Привод состоит из электродвигателя, муфты, конической и цилиндрической зубчатых передач.

По заданным характеристикам привода требуется:

5. Подобрать электродвигатель.
6. Определить общее передаточное отношение привода и разбить его по ступеням.
7. Найти крутящие моменты на валах.
8. Определить диаметр тихоходного вала.

Дано:

$$P_{\text{вых}} = 20 \text{ кВт}$$

$$\omega_{\text{вых}} = 9 \text{ рад/с}$$

1. Выбор электродвигателя

Рассчитаем мощность электродвигателя, исходя из выходной мощности привода. Требуемая мощность двигателя определяется по формуле:

$$P_{\text{дв}} = P_{\text{вых}} \frac{\xi}{\eta},$$

где $P_{\text{вых}}$ - выходная мощность привода,

$\xi = 1.1$ - коэффициент запаса,

$\eta = 0.8$ - коэффициент полезного действия привода.

$$P_{\text{дв}} = 20 \frac{1.1}{0.8} = 27.5 \text{ кВт.}$$

По найденной требуемой мощности выбираем электродвигатель А2-72-4 со следующими характеристиками:

$P_{\text{дв.ном}} = 30 \text{ кВт}$ – номинальная мощность,

$n_{\text{дв.ном}} = 1460 \text{ об/мин}$ – номинальная частота вращения.

2. Определение передаточного отношения привода

Определим общее передаточное отношение привода:

$$u = \frac{n_{\text{дв.ном}}}{n_{\text{вых}}},$$

где $n_{\text{вых}}$ - частота вращения выходного вала привода.

$$n_{\text{вых}} = \omega_{\text{вых}} \frac{30}{\pi},$$

где $\omega_{\text{вых}}$ - угловая скорость выходного вала привода.

$$n_{\text{вых}} = 9 \frac{30}{3.14} = 863 \text{ об/мин.}$$

Передаточное отношение привода равно:

$$u = \frac{1460}{86} = 17.$$

В соответствии с кинематической схемой, изображенной на рис. 1, привод состоит из конической и цилиндрической зубчатых передач.

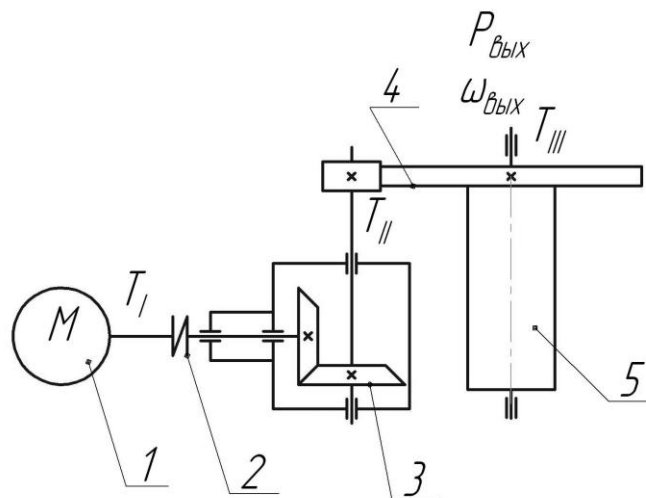


Рис. 1 Кинематическая схема привода

1 – электродвигатель, 2 – муфта, 3 – коническая зубчатая передача,
4 - цилиндрическая зубчатая передача, 5 – барабан

Передаточное отношение привода представим как произведение передаточных отношений конической и цилиндрической зубчатых передач.

$$u = u_{кп} \cdot u_{зн}$$

Передаточное отношение конической зубчатой передачи примем стандартным:

$$u_{кп} = 3.$$

Тогда передаточное отношение цилиндрической зубчатой передачи равно:

$$u_{зн} = u / u_{кп},$$

$$u_{зн} = 17 / 3 = 5.7.$$

3. Определение крутящих моментов.

Определим крутящие моменты на валах привода.

Крутящий момент на ведущем валу рассчитывается по формуле:

$$T_I = \frac{P_{\text{дв.люм}}}{\omega_{\text{дв.люм}}} = \frac{30 P_{\text{дв.люм}}}{\pi n_{\text{дв.люм}}},$$

$$T_I = \frac{30 \cdot 30}{3.14 \cdot 1460} = 0.196 \text{ кНм.}$$

Момент на ведомом валу ременной передачи равен:

$$T_{II} = T_I u_{кп} \eta_1,$$

где $\eta_1 = \eta_m \eta_{кп} \eta_n$ - КПД первой ступени, определяемый как произведение КПД муфты $\eta_m = 0.99$, КПД конической зубчатой передачи $\eta_{кп} = 0.95$ и КПД подшипника качения $\eta_n = 0.99$.

$$\eta_1 = 0.99 \cdot 0.95 \cdot 0.99 = 0.93$$

$$T_{II} = 0.196 \cdot 3 \cdot 0.93 = 0.547 \text{ кНм.}$$

Момент на ведомом валу цилиндрической зубчатой передачи (на выходном валу) определяется как:

$$T_{III} = T_{II} u_{зн} \eta_2,$$

где $\eta_2 = \eta_{зн} \eta_n$ - КПД второй ступени, равный произведению КПД зубчатой открытой передачи $\eta_{зн} = 0.9$ и КПД подшипника качения $\eta_n = 0.99$.

$$\eta_2 = 0.9 \cdot 0.99 = 0.89.$$

$$T_{III} = 0.547 \cdot 5.7 \cdot 0.89 = 2.774 \text{ кНм.}$$

Кейс-задача 1

Выходной вал мехатронного модуля вращается с частотой $n_{вых}$, вал электродвигателя - $n_{дв}$.



Предложить не менее трех вариантов передаточного механизма, выбрать наиболее оптимальный из них, пояснить критерии выбора.

Определить основные геометрические и кинематические параметры ступеней передаточного механизма. Рекомендуется в качестве передаточных механизмов использовать зубчатые редукторы (рядовые, ступенчатые или планетарные).

Исходные данные для решения приведены в таблице 1.

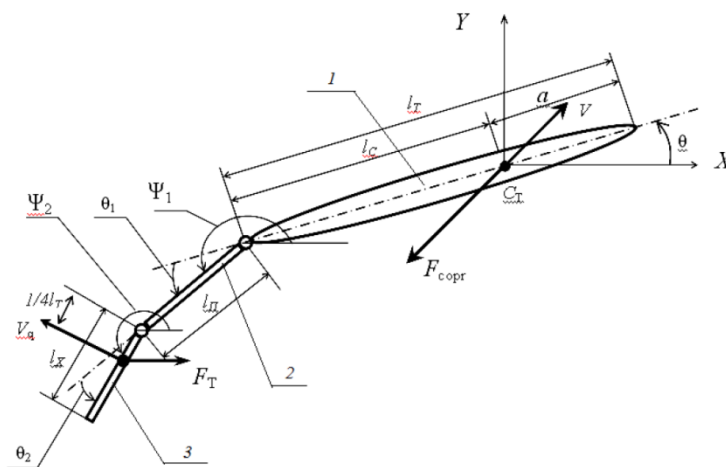
Таблица 1 - Исходные данные для решения задачи 1.

| Вариант | частота вращения, об/мин | |
|---------|-----------------------------|--------------------|
| | выходного вала $n_{вых}$ | двигателя $n_{дв}$ |
| 1. | 60 | 3500 |
| 2. | 40 | 4200 |
| 3. | 120 | 2100 |
| 4. | 100 | 2400 |
| 5. | 30 | 4800 |
| 6. | 180 | 1900 |
| 7. | 20 | 6400 |

Кейс-задача 2.

Механизм движителя хвоста рыбоподобного робота должен обеспечивать возвратно-вращательное (качательное) движение со следующими основными параметрами:

- угол размаха хвоста θ
- число ходов в минуту N
- коэффициент изменения средней скорости на холостом и рабочем ходу k
- длина хвостового плавника l_x



Предложить не менее трёх вариантов рычажных механизмов для реализации требуемого движения с заданными параметрами, выбрать наиболее оптимальный из них, пояснить критерии выбора.

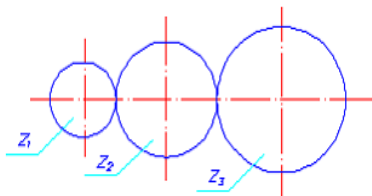
Определить основные геометрические и кинематические параметры механизма. Исходные данные для решения приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Исходные данные для решения задачи 2.

| Вариант | угол размаха хвоста θ , ° | число ходов в минуту N | длина хвостового плавника l_x , м | коэффициент изменения средней скорости на холостом и рабочем ходу k |
|---------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| 1. | 15 | 60 | 0,15 | 1,0 |
| 2. | 20 | 90 | 0,2 | 1,1 |
| 3. | 25 | 120 | 0,25 | 1,2 |
| 4. | 30 | 150 | 0,3 | 1,0 |
| 5. | 40 | 180 | 0,15 | 1,1 |
| 6. | 50 | 210 | 0,2 | 1,2 |
| 7. | 60 | 240 | 0,25 | 1,15 |

10 ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

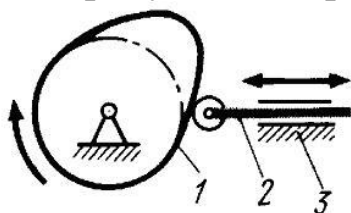
1. Числа зубьев колес цилиндрической зубчатой передачи: $z_1 = 20$, $z_2 = 30$, $z_3 = 40$.



Передаточное отношение U_{13} равно...

- 0,5
- 2
- 1,5
- 60

2. На рисунке изображен механизм



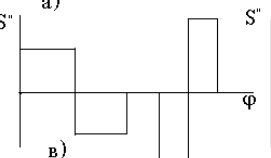
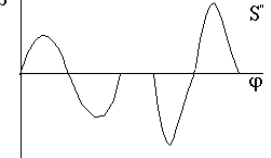
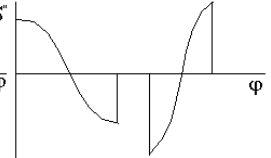
- рычажный
- кулачковый
- зубчатый
- мальтийский

3. Модуль зубчатого колеса $m = 2$ мм, число зубьев $z = 50$. Делительный диаметр (мм) колеса равен

4. Расположите типовые схемы планетарных механизмов в порядке возрастания передаточного отношения

- Редуктор Джемса
- Механизм с двумя внутренними зацеплениями
- Механизм с двумя внешними зацеплениями
- Механизм со сдвоенными сателлитами

5. Установите соответствие между представленными графиками законов движения толкателя кулачкового механизма и их наименованиями

| График закона движения | Наименование закона движения |
|---|------------------------------|
| <p>а) </p> | 1. Линейный |
| <p>б) </p> | 2. Равноускоренный |
| <p>в) </p> | 3. Равнопеременный |
| <p>г) </p> | 4. Полиномиальный |
| | 5. Синусный |
| | 6. Косинусный |

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, В. И. Техническая механика [Текст] : учебник / В. И. Андреев, А. Г. Паушкин, А. Н. Леонтьев. - М. : АСВ, 2012. - 251 с.
2. Яцун, С. Ф. Кинематика, динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры [Текст] : учебное пособие / С. Ф. Яцун, В. Я. Мищенко, Е. Н. Политов. - Москва : ИНФРА-М : Альфа-М, 2015. - 207 с.
3. Техническая механика. Сопротивление материалов (теория и практика) [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. М. Бахолдин [и др.]. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2013. - 173 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141630>
4. Левитский, Н. И. Теория механизмов и машин [Текст] : учебное пособие для студ. вузов / Н. И. Левитский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, гл. ред. восточной лит-ры, 1990. - 592 с.
5. Теория механизмов и машин [Текст] : учебник для вузов / под ред. К. В. Фролова. - М. : Высшая школа, 1987. - 495 с.
6. Кокорева, О. Г. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс] : курс лекций / О. Г. Кокорева. - М. : Альтаир-МГАВТ, 2015. - 83 с. - Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=429851&sr=1

