

Лекция 8

4. Функциональные устройства и подвижные системы оптических приборов.

Функциональные устройства являются совокупностью узлов и конструктивных цепей, объединенных общим функциональным назначением. С другой стороны функционирование сложного оптического прибора может быть представлено из ряда определенных простых операций, которые реализуются определенными функциональными устройствами. Например:

- фокусировка излучения удаленного источника света включает в себя операции ориентирования в горизонтальной плоскости, ориентирование в вертикальной плоскости, управление взаимным положением оптических рабочих элементов.

Длительная практика применения оптикоэлектронных приборов с разным целевым назначением позволила выделить оптимальные составы операций в приборах (наблюдательных, измерительных, управления и т.д.)

4.1 Виды функциональных устройств оптических приборов.

Функциональные устройства (ФУ) оптических приборов образуют четыре группы:

1гр.- ФУ, применяемые для подготовки прибора к работе;

2гр.- ФУ, предназначенные для внешнего ориентирования прибора относительно входного сигнала;

3гр.- ФУ, являющиеся преобразователем сигнала;

4гр.- ФУ, предназначенные для анализа выходного сигнала и получения количественных характеристик результата.

В 1гр. Входят разнообразные устройства базирования прибора (штативы, треноги) и объекта наблюдения (предметные столики), а также устройства, предназначенные для настройки и выверки прибора работающие по принципу позиционирования (устройства для горизонтирования платформ геодезических приборов, устройства для ориентирования телескопических систем по внешним реперам (например на полярную звезду).

В 2 гр. Входят разнообразные устройства грубого и точного наведения (позиционирования) прибора на объект наблюдения или измерения. У измерительных приборов внешнее ориентирование по входному сигналу обычно совпадает с первой операцией процесса измерения и в дальнейшем это же устройство может быть использовано для переориентирования прибора на другие объекты.

К гр.3 относятся преобразователи сигнала, используемые в оптико-электронных приборах: объективы, окуляры, зеркально-призменные систе-

мы, диспергирующие элементы; механические устройства (элементы кинематических цепей, регулируемые диафрагмы, оптические ножи и хатворы); Оптико-электронные преобразователи (фотоэлектрические приемники разного вида – ФЭУ, фотодиоды, фоторезисторы); К этой же группе относятся устройства, предназначенные для формирования световых сигналов (модуляторы, диафрагмы).

ГР.4 составляют: устройства фиксации и наблюдения оптического изображения (экраны, носители фотопластинок и фотоленты), измерительные (окулярные и оптические микрометры), отсчетные (шкальные и цифрового отсчета).

Таким образом, представленные группы функциональных устройств непосредственно связаны с выполнением процесса функционирования прибора. Кроме того, в реальных приборах применяется ряд вспомогательных устройств, обеспечивающих функционирование основных четырех групп устройств (устройства защиты от внешних воздействий, устройства динамической и температурной стабилизации).

В основе множества ФУ лежат подвижные системы, поэтому проектирование ФУ есть, по сути, проектирование подвижных систем с учетом заданных требований.

4.2 Подвижные системы приборов

Подвижные системы в оптикоэлектронных приборах являются реальными механизмами, служащими в общем случае для осуществления и координатного преобразования механического движения, т.е. являются материализованными кинематическими цепями.

Важнейшими функциями, которые выполняют подвижные системы, являются:

- 1- ориентирование оптических систем относительно входного сигнала (телескопы, панорамы, перископы, геодезические приборы и т.д. обладают ФУ, позволяющими ориентировать оптическую систему на объект наблюдения)
- 2- образование измерительных цепей, благодаря чему они определяют метрологические свойства приборов.
- 3- управление точным позиционированием рабочих элементов оптических приборов.
- 4- геометрическое моделирование вводимой в прибор числовой информации.
- 5- выполнение разнообразных транспортирующих функций (перемещение фото- и киноленты, развертки спектро- и фотограмм, управление диафрагмами и светофильтрами и т.д.).

Перечень подвижных систем весьма обширен как по назначению, так и по параметрам. Перемещение исполнительных элементов могут быть весьма малыми (тонкая настройка резкости в телескопах и микроскопах) и больши-

ми, непрерывными и дискретными, линейными и нелинейными (например движение по заданному математическому закону).

4.3 Механизмы преобразования движения.

Подвижные системы представляют из себя сложную кинематическую цепь, которая состоит из набора взаимодействующих элементарных механизмов (см. приложение 1). Таким образом, элементарные механизмы являются структурными элементами сложных цепей.

Характеристиками движения механизмов является математическая модель, устанавливающая функциональные связи между обобщенными координатами и конструктивными параметрами механизма.

Наиболее общей является характеристика называемая функцией преобразования движения (ФПД)

$y = f_k \dots f_m (f_i (x_i, g_s))$, где
 $f_k \dots f_i$ промежуточные функции
 y – обобщенная выходная координата;
 x_i – входные обобщенные координаты ($i = 1, 2, \dots, k$);
 g_s – конструктивные параметры, имеющие определенное значение ($g_s = 1, 2, \dots, m$).

Знание ФПД необходимо для синтеза кинематической цепи при проектировании и анализе кинематических свойств механизма.

При выборе элементарных механизмов для разработки сложных цепей руководствуются следующими их свойствами:

- 1- виды и пределы преобразования движения
- 2- диапазоны возможных перемещений на входе и выходе
- 3- обратимость движения
- 4- число степеней свободы

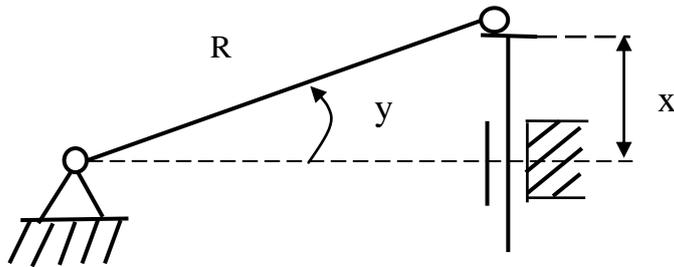
Наибольшее значение имеют следующие преобразования движения:

- 1 масштаб преобразования движения
- 2- преобразование вида движения (вращательное в поступательное)
- 3- закона движения (линейное в нелинейное)
- 4- характера движения (непрерывное в прерывистое)

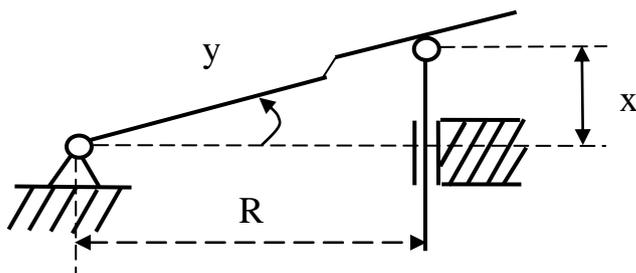
Комбинирование этих преобразований в кинематических цепях вместе широким диапазоном возможных изменений параметров создают возможности для работы функциональных устройств с требуемыми характеристиками.

4.4 Простые механизмы преобразования движения.

Преобразование поступательного движения во вращательное по математическому закону

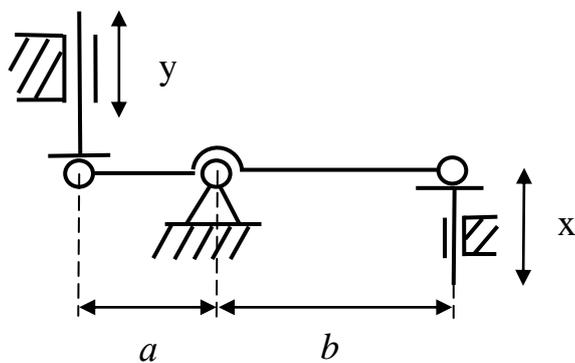


$$y = \arcsin(x/R)$$

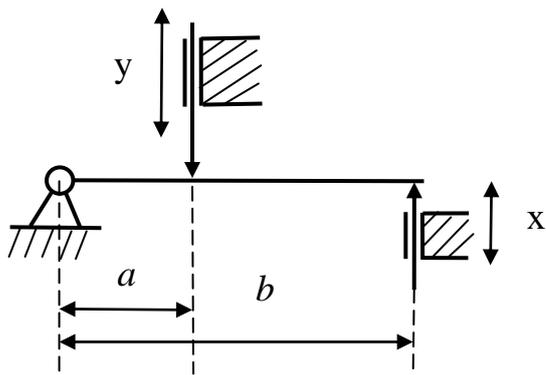


$$y = \arctan(x/R)$$

Преобразование поступательного движения в поступательное с изменением масштаба движения

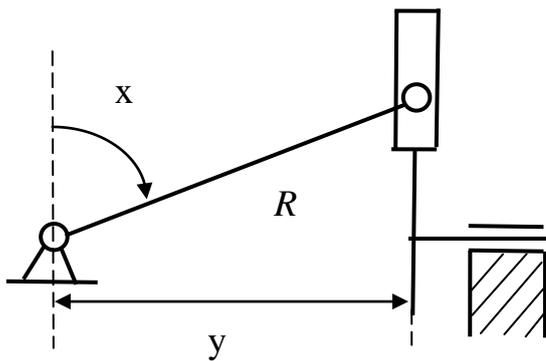


$$y = -(a/b)x$$

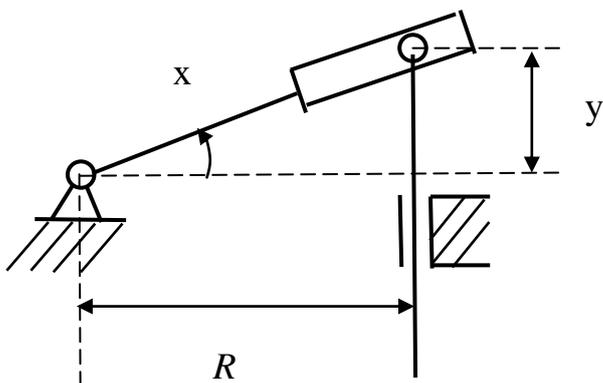


$$y = (a/b) x$$

Преобразование движения по геометрическому закону

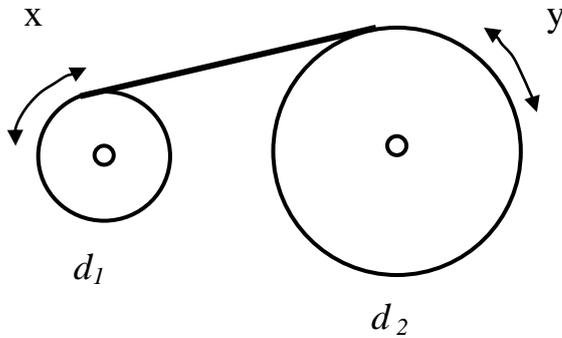


$$y = R \sin x$$



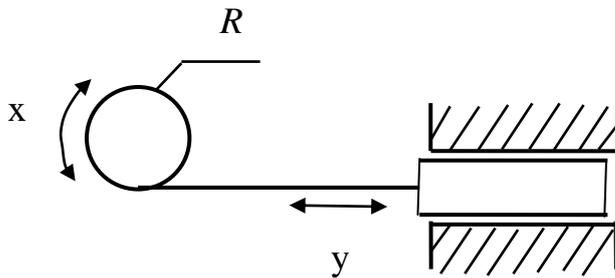
$$y = R \operatorname{tg} x$$

Передача вращательного движения



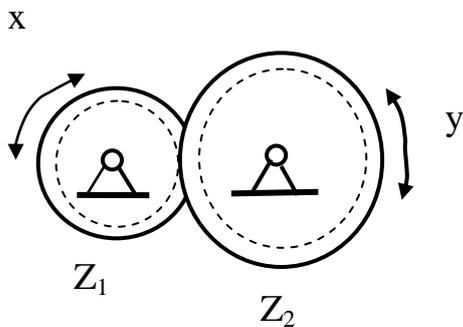
$$y = (d_1/d_2) x$$

Преобразование вращательного движения в поступательное



$$y \approx R x$$

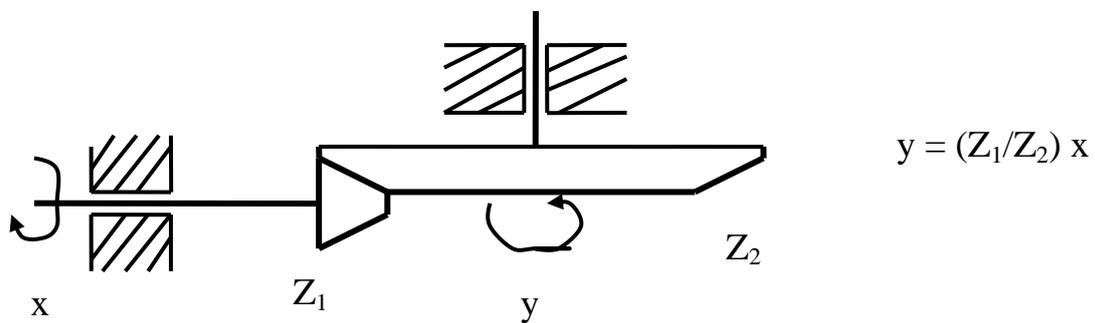
Преобразование вращательного движения во вращательное с изменением скорости и направления движения



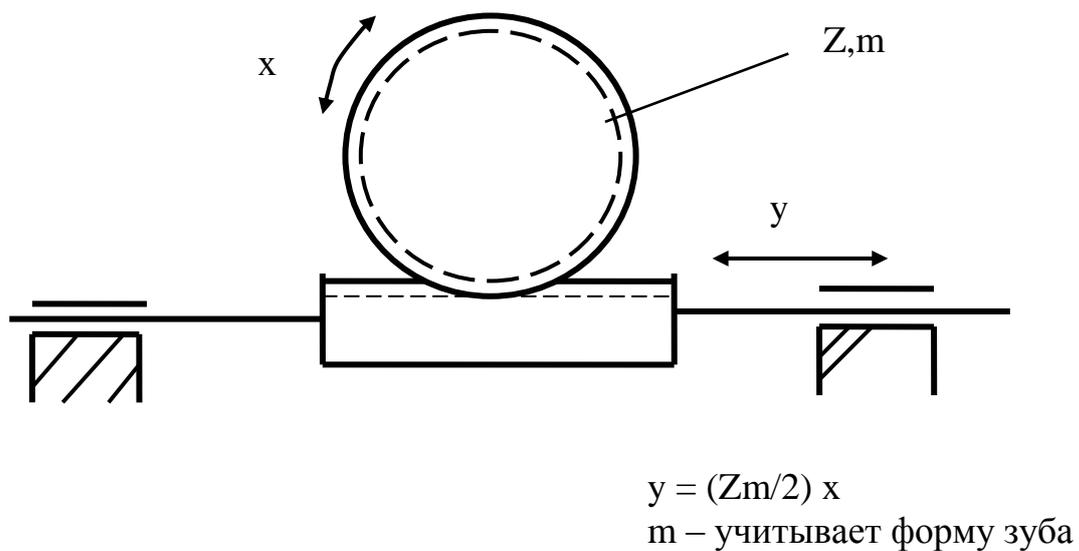
$$y = - (Z_1/Z_2) x$$

Z_1, Z_2 – число зубьев

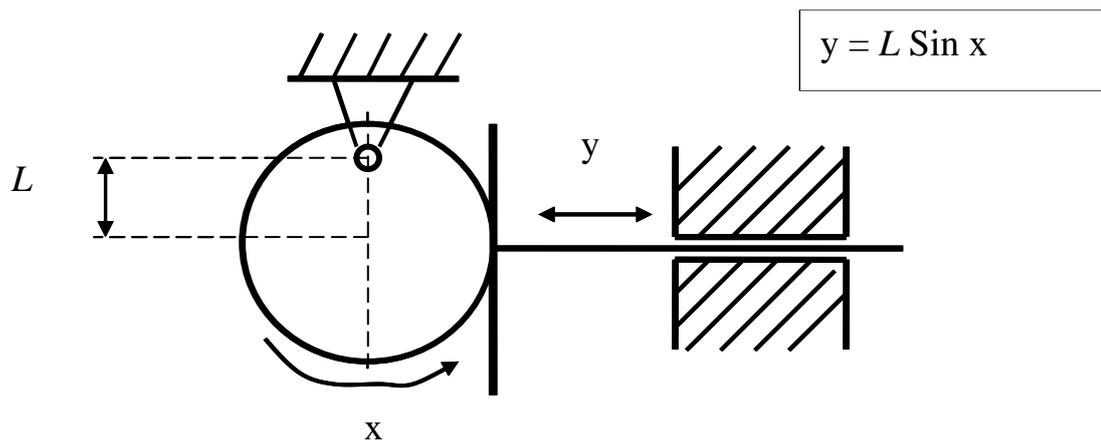
Преобразование скорости и оси вращения



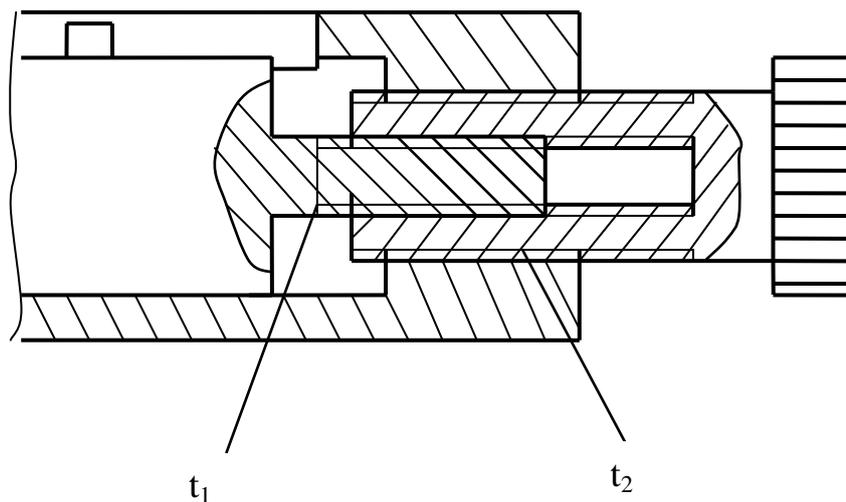
Преобразование вращательного движения в поступательное



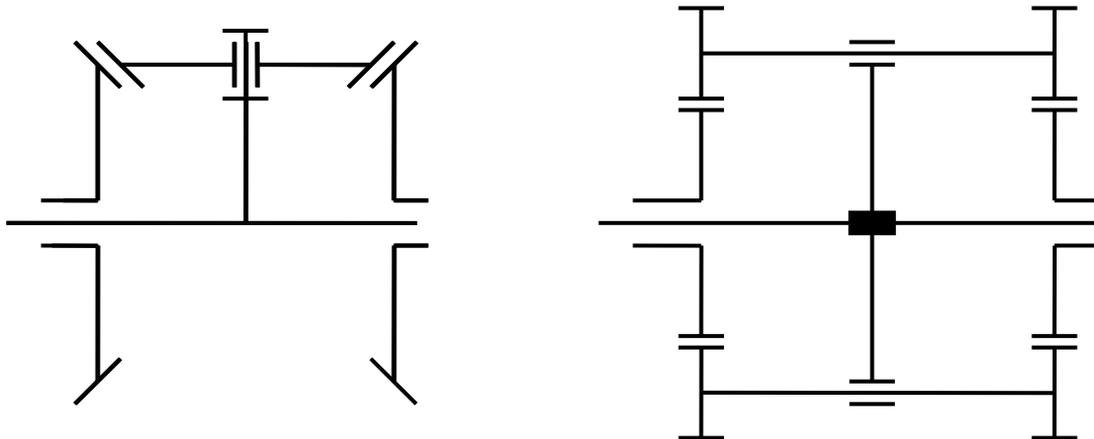
Преобразование вращательного движения в поступательное по синусоидальному закону



Если эксцентрик имеет профиль спирали Архимеда, то $y = (T/2\pi) x$, где T - шаг спирали.

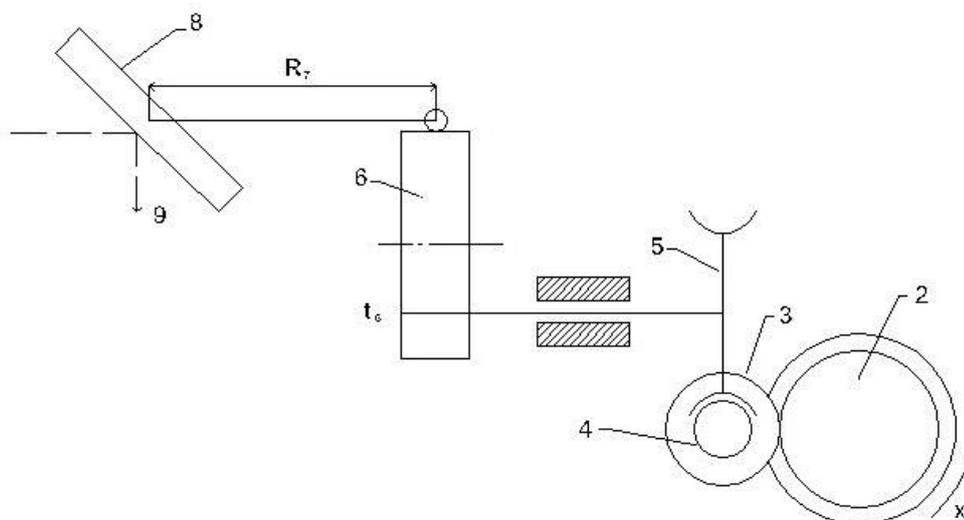


Дифференциальный винт



Конический и цилиндрический дифференциалы

Пример синтеза кинематической цепи устройства для управления сканирующим движением луча.



$$y_9 = 2y_8; \quad y_8 = y_7; \quad y_7 = \frac{t_6}{2\pi R_7} y_6$$

$$y_6 = y_5; \quad y_5 = \frac{z_4}{z_5} y_4$$

$$y_4 = y_3; \quad y_3 = \frac{z_2}{z_3} y_2; \quad y_2 = x_1$$

$$y_9 = 2 \left[\frac{t_6}{2\pi R_7} \right] \left(\frac{z_4}{z_5} \right) \left(\frac{z_2}{z_3} \right) x_1$$

Проектирование ФУ точного позиционирования

При проектировании ФУ точного позиционирования необходимо соблюдать следующие основные принципы:

- принцип кинематической чувствительности цепи – согласно этому принципу всегда должен обеспечиваться запас количества движения на входе, чтобы надежно преодолевались пороговые явления, и обеспечивалась требуемая точность
- принцип оптимизации нагрузки (момента сопротивления) на входе цепи для ослабления роли пороговых явлений из-за ограничения психофизиологической чувствительности оператора к малым перемещениям при ручном управлении;
- принцип кратчайшей кинематической цепи устройства, избегая при этом сложных кинематических пар для ослабления пороговых явлений самой цепи;
- принцип эргономичности управления процессом позиционирования, поскольку даже пороговая психофизическая чувствительность зависят от расположения органов управления устройства относительно оператора.
- принцип самофиксации цепи в случае ручного управления точным позиционированием для избежания сбоя достигнутого совмещения. Самофиксация обеспечивается обычно путем включения в кинематическую цепь самотормозящих кинематических пар (винтовые или червячные пары) или с помощью тормозного устройства.

Порог чувствительности перемещения

При корректировочном режиме позиционирования обнаруживается порог (предел) возможности оператора уменьшать корректировочные шаги или порции малых перемещений рабочего органа управления. В этом случае процесс совмещения становится реверсивным – т.е. смещения осуществляются в прямом и обратном направлениях перемещения рабочего элемента.

Т.о. предельные порции перемещения представляют собой те минимальные смещения рабочего органа, которые удастся осуществить оператору при трогании рукоятки управления с места.

Эти минимальные смещения называют характеристиками порога чувствительности устройства позиционирования к малым перемещениям или просто пороговыми перемещениями.

Рассмотрим, какие физические явления определяют существование порога перемещения. На основании опыта можно выделить три основные группы причин обуславливающих порог чувствительности позиционирования

- 1 – погрешности срабатывания системы управления
- 2 – ограниченная чувствительность механической системы привода
- 3 – ограниченная чувствительность и точность средств контроля совмещения.

Первая группа причин при ручном управлении проявляется вследствие латентного периода сенсомоторной реакции человека (запаздывание реакции руки оператора на подаваемые ей сигналы на начало и остановку движе-

ния). Погрешность срабатывания зависят от диаметра рукоятки привода и момента сопротивления. Оптимальные значения 40 мм, момент сопротивления 2,5 Н см)

Второй причиной является рассогласование между входным сигналом управления и реакцией рабочего элемента

- контактные деформации в выступах микроформы рабочих поверхностей элементов кинематических пар
- смещения в зазорах кинематических пар
- влияние вязкости смазки

Третья группа причин определяется

- ограниченная острота зрения оператора
- латентный период

Полная ошибка позиционирования является суммой всех трех видов ошибок.

Чувствительность и масштаб преобразования движения

При проектировании ФУ точного позиционирования существуют два основных ограничения

- с одной стороны необходимо обеспечить требуемую точность позиционирования
- с другой – существует физиологическое ограничение на входное перемещение

Естественно, что эти ограничения необходимо привести в соответствие.

Для этого вводится функция S_{xy} - масштаб преобразования (или кинематическая чувствительность) подвижной системы

$$S_{xy} = \Delta x_{\text{порог}} / \Delta u_{\text{доп}},$$

где $\Delta x_{\text{порог}}$ - порог чувствительности к перемещению на входе,

$\Delta u_{\text{доп}}$ - допуск на точность позиционирования.

Для практики величины $\Delta x_{\text{порог}}$ исходят из целевого назначения прибора и для определения масштаба преобразования цепи рекомендуются следующие значения:

Лабораторные оптические приборы	$\Delta x_{\text{порог}}$ $0,5 - 1^0$
Полевые приборы гражданского назначения	$1 - 2^0$
Военные оптические приборы	$2 - 5^0$

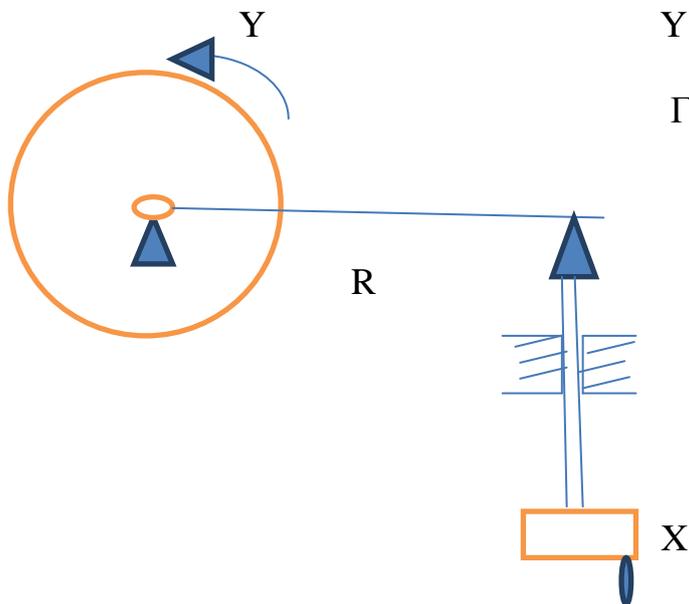
Типы устройств точного позиционирования

Устройства точного позиционирования подразделяются на типы в зависимости от вида выходного движения исполнительного элемента цепи:

- вращательного движения
- поступательного движения

Рассмотрим схемы некоторых устройств

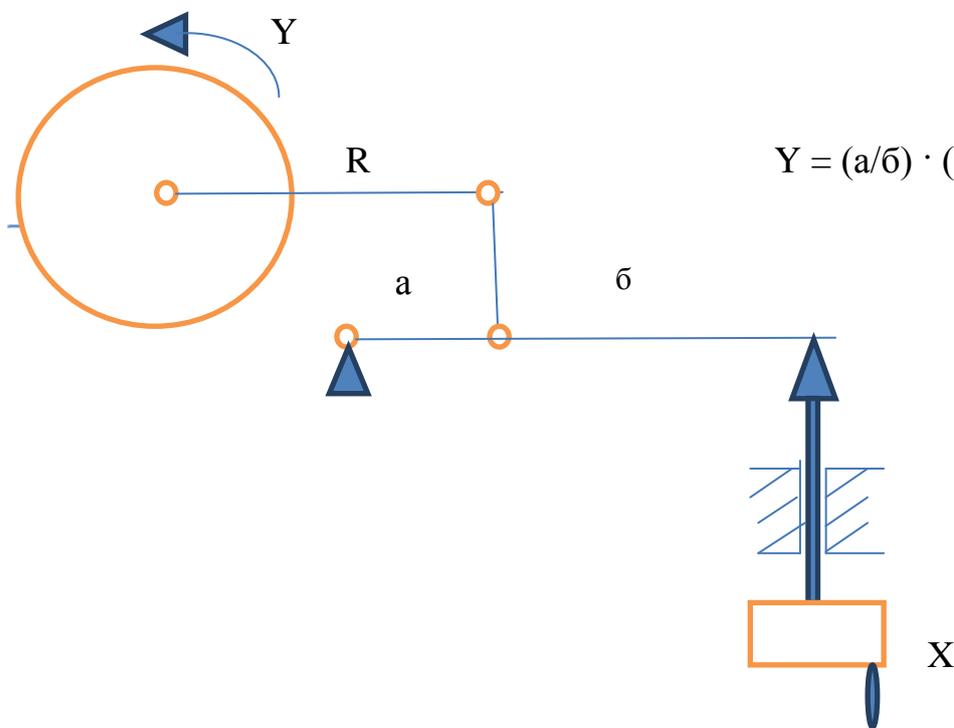
I



$$Y = (k t / 2\pi R) X$$

Где k – число заходов резьбы
 t – шаг резьбы

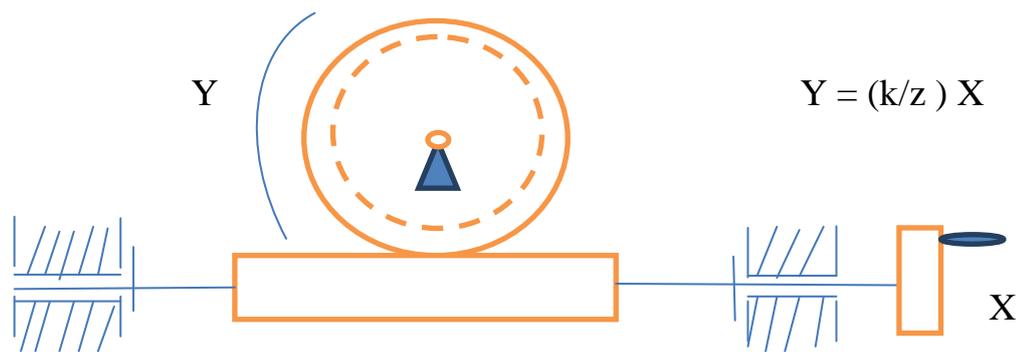
II



$$Y = (a/b) \cdot (k t / 2\pi R) X$$

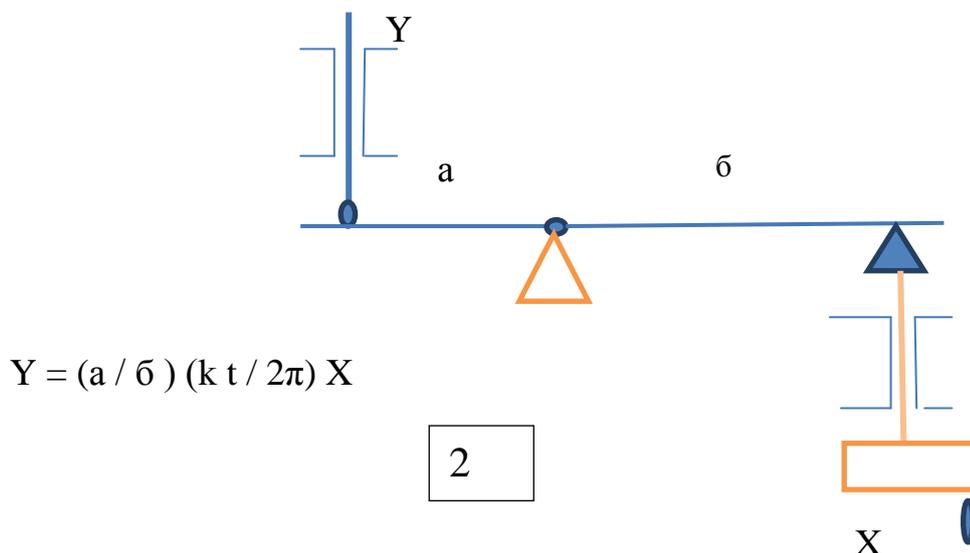
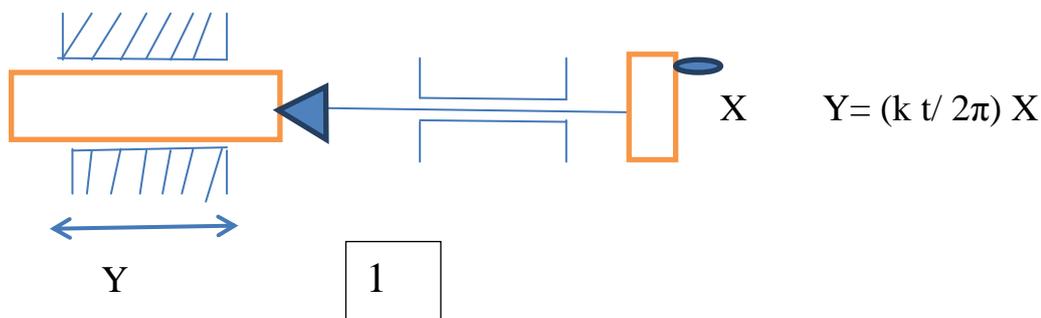
Устройство I широко применяется в приборах с вращательным движением исполнительного элемента при малом диапазоне позиционирования.

В основном для лабораторных и геодезических приборов.



Данный тип применяется в тех случаях, когда необходимо позиционирование в любом угле из 360° .

Для поступательного движения исполнительного элемента исполнительного элемента используются как простые, так и сложные схемы



Данные схемы обеспечивают линейное преобразование движения.

Тип 1 достаточно широко используется в координатных столиках оптических Приборов. В таких схемах перемещение легко сочетается с реализацией измерительных функций. При реализации измерительных цепей масштаб преобразования обеспечивается значением шага резьбы, как правило 0,5 - 1мм.

При необходимости используется дифференциальный винт. В тех случаях, когда шага резьбы недостаточно, используют схему рычагов, т.к. благодаря отношению $a / б$ можно дополнительно расширить возможности схемы

Двулучный рычаг по схеме 2 удобен для компоновки, т.к. его можно применить при разных расположениях винта и рычага.

Для точной настройки микроскопов различных фирм используются схемы, в которых кинематические цепи замыкаются силой для устранения зазоров

