

Лабораторная работа

СИНТЕЗ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА

1. Цель работы

Ознакомление с синтезом кулачковых механизмов по заданному закону движения толкателя.

2. Теоретическая часть

Кулачковые механизмы широко применяют в современных машинах-автоматах благодаря широким возможностям реализации различных законов движения исполнительных органов.

Простейший кулачковый механизм состоит из трех звеньев: кулачка 1 (рис. 1, штанги 3, на которой закреплен рабочий орган, и стойки 0. Обычно кулачок является ведущим звеном.

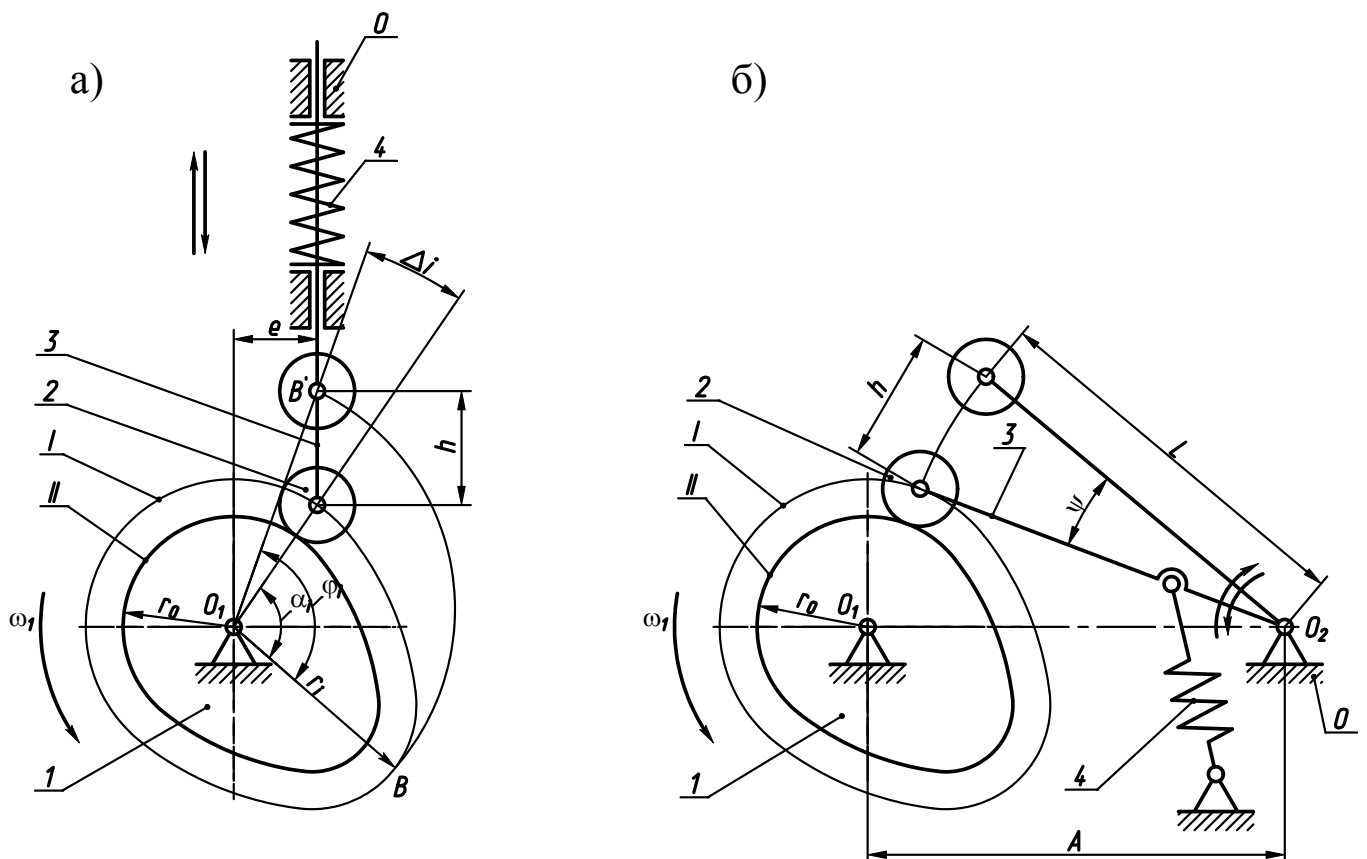


Рис.1 Кинематические схемы кулачковых механизмов.

Кулачок - звено высшей кинематической пары, элемент которого имеет переменную кривизну. Другое звено этой пары - штанга имеет более простую форму и называется толкателем - при поступательном движении (рис. 1.) или коромыслом - при возвратно-качательном движении (рис. 1б). Если ось поступательно движущегося толкателя (рис. 4а) не проходит через центр вращения кулачка ($e \neq 0$), то механизм называется не центральным (смещенным), при $e = 0$ - механизм центральный.

Для перемещения толкателя необходимо, чтобы элементы пары кулачок - толкатель непрерывно касались друг друга. Обычно применяются два типа замыкания пар: силовое, которое чаще всего осуществляется с помощью пружины 4, и геометрическое - с помощью пазового кулачка, рамочного толкателя и т.д. Толкатели кулачковых механизмов в зависимости от элементов, которыми они касаются кулачка, могут быть остроконечные, сферические (грибовидные), плоские (тарельчатые) и роликовые. Ролик 2 устанавливают на конце толкателя 3, чтобы трение скольжения в паре толкатель - кулачок заменить трением качения. Необходимо различать два профиля кулачка: центровый I и действительный II. Центровой профиль кулачка представляет собой траекторию центра ролика плоского кулачкового механизма при движении этого ролика относительно кулачка. Профиль, которого касается ролик, называется действительным. Следовательно, кривые, образующие центровый и действительный профили кулачка, эквидистантны. Основные параметры профиля кулачка - радиус основной шайбы r_0 (минимальный радиус профиля) и радиус-вектор, соединяющий центр вращения кулачка с самой удаленной точкой профиля $R_{\max}$.

Углы α между радиусами-векторами, приведенными в основные точки профиля, называются *полярными углами профиля*. Они не всегда равны соответствующим углам поворота φ кулачка. Только в центральном механизме (при $e = 0$) эти углы одинаковы. Как видно из рис. 4а, полярный угол профиля α_i отличается от угла поворота кулачка φ_i на величину Δ_i , т.е. $\alpha_i = \varphi_i - \Delta_i$. Движение ведомому звену сообщается только в том случае, когда оно касается части профиля, имеющей переменный радиус-вектор, а на участках, очерченных дугами окружностей из центра кулачка, ведомое звено будет неподвижным. Поэтому на протяжении одного оборота кулачка различают следующие фазы движения толкателя и соответствующие им центральные

углы поворота кулачка: удаления φ_y , дальнего стояния φ_d , возвращения φ_v и ближнего стояния φ_b .

$$\varphi_y + \varphi_d + \varphi_v + \varphi_b = 360^\circ.$$

Сумма углов $\varphi_y + \varphi_d + \varphi_v$ называется *рабочим углом кулачкового механизма* φ_r .

Основными геометрическими параметрами кулачкового механизма являются:

а) для механизмов с поступательно движущимся толкателем: ход толкателя h , величина смещения e , радиус ролика толкателя r , фазовые углы поворота кулачка φ_y , φ_d , φ_v и φ_b ;

б) для механизмов с качающимся толкателем (рис. 1б): максимальное угловое перемещение коромысла ψ (или линейное $h = \psi \cdot L$), длина коромысла L , расстояние между осями вращения кулачка и коромысла A , фазовые углы поворота кулачка φ_y , φ_d , φ_v и φ_b .

Степень подвижности кулачкового механизма (рис. 1) определяется по формуле П.Л. Чебышева:

$$W = 3n - 2p_n - p_v = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 1 = 2,$$

где n – количество подвижных звеньев; p_n – количество низших кинематических пар; p_v – количество высших кинематических пар.

Число $W = 2$ показывает, что для исследования такого кулачкового механизма необходимо задать закон движения двум звеньям механизма. Но если провести структурное исследование (анализ), то можно установить, что одна подвижность (вращение кулачка) – основная, а вторая (вращение ролика вокруг своей оси) является местной, то есть не влияет на закон движения кулачка. От второй подвижности можно избавиться, отбросив ролик и выполнив коромысло заостренным, заменив одновременно действительный профиль кулачка на эквидистантный, то есть равноотстоящий от него и называемый центровым профилем кулачка.

В этом случае теоретическое число степеней свободы будет равно 1:

$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 - 1 = 1.$$

Выбор закона движения ведомого звена (толкателя) производится с учетом технико-экономических характеристик, основными при этом являются:

1. Выполнение заданных технологических операций;
2. Получение высокого КПД машины;
3. Использование минимальной энергии на привод кулачкового механизма;
4. Простота изготовления кулачка;
5. Обеспечение долговечности и надежности работы механизма.

Каждому из вышеперечисленных пунктов могут удовлетворять различные законы движения ведомого звена и, проведя анализ этих законов, можно выбирать оптимальный вариант.

В нашем случае закон движения ведомого звена (коромысла или толкателя) задан.

3. Оборудование

Для выполнения лабораторной работы необходимы: установка ТММ21, заготовки из чертежей бумаги, чертежный инструмент.

Установка ТММ21 (рис. 2) состоит из основания 4 с установленным на нем круглым диском 1, имеющим деление через 1^0 . На диск накладывается круг чертежной бумаги (заготовка), на которой строится профиль кулачка. С помощью фрикционного устройства 15 диск может поворачиваться вокруг оси O_1 . Углы поворота диска отсчитываются по градуированной шкале и указателю 17. В правой части установки имеется корпус 6, на оси 14 которого установлена направляющая (толкатель) 3. К ней прикреплен сектор 5 с делениями в градусах. Поступательное движение направляющей вдоль оси O_1X осуществляется перемещением каретки 10 вдоль направляющих 9 с помощью винта 11. Величина перемещения каретки определяется по шкале 12. Корпус вместе с направляющей с помощью винта 7 перемещается вдоль оси O_1Y . Величина перемещения фиксируются по шкале 8. Вращение направляющей 3 вокруг оси O_2 осуществляется червячной передачей 13, а угол поворота определяется по шкале на секторе. В пазу направляющей установлен ползун 2, величина перемещения которого отсчитывается по шкале, нанесенной на направляющей. В пол-

зуне укреплен игла с кнопкой 16 и устройство 18 для вычерчивания окружности ролика.

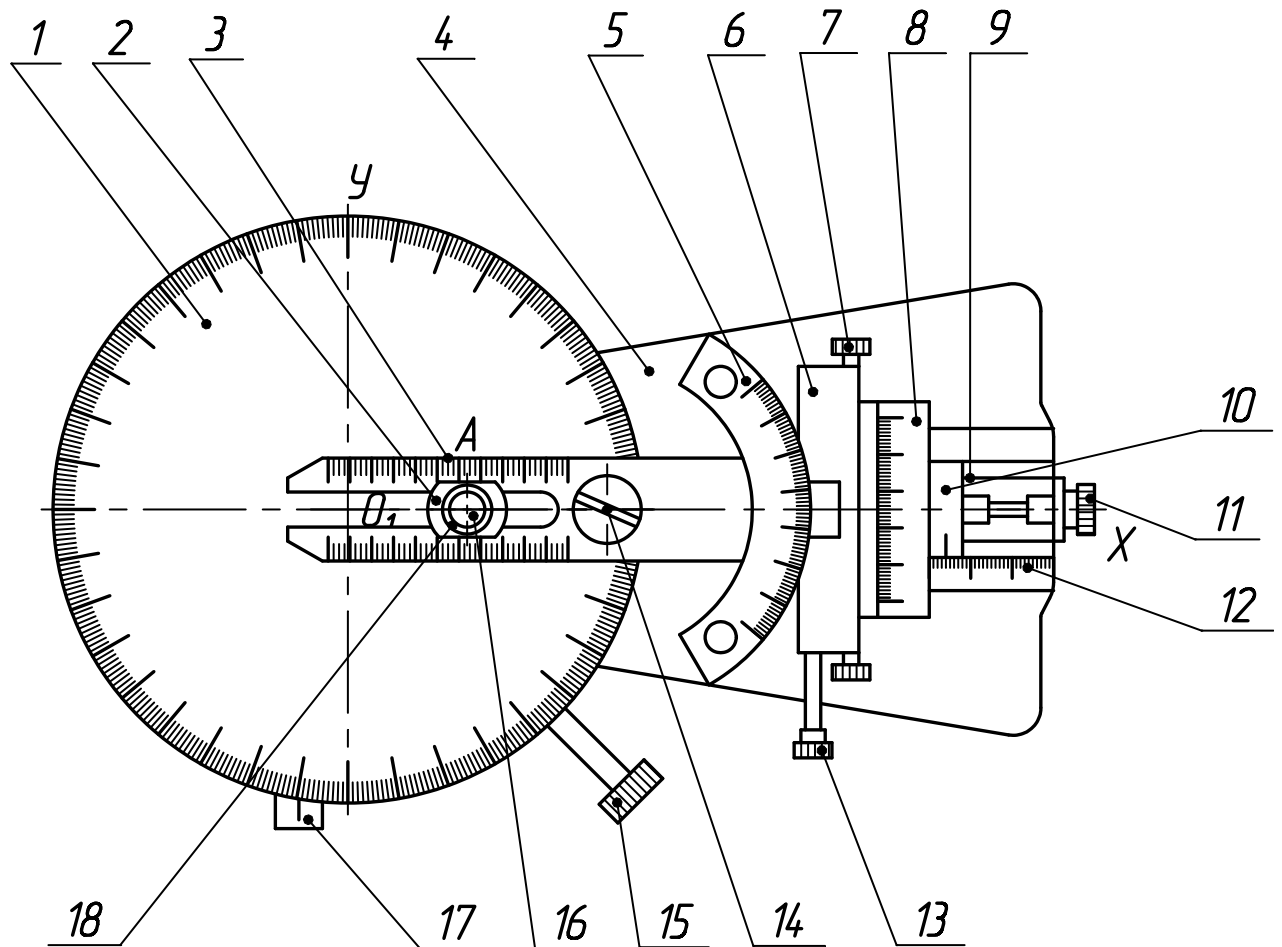


Рис. 2. Установка TMM21

Для построения цифрового профиля кулачка с качающимся толкателем (коромыслом) заданы (табл., а): схема механизма, углы поворота кулачка φ_y , φ_d , φ_v и φ_b , начальный угол наклона коромысла ψ_0 , межцентровое расстояние A , длина коромысла L и закон движения коромысла $\psi = f(\varphi)$. По заданному углу наклона ψ_0 коромысло устанавливается в исходное положение с помощью градуированного сектора 5 и червячной передачи 13. Корпус по шкале 8 винтом 7 устанавливается на нуль. Расстояние $0_1 0_2 = A$ устанавливается винтом 11 по шкале 12. Перемещением ползуна вдоль паза направляющей фиксируется длина $L = A 0_2$ коромысла. Диск устанавливается на нулевое деление. По закону движения коромысла рассчитывается таблица

значений $\psi = f(\varphi)$ для полного цикла. На диске закрепляется бумажный круг. Затем диск устанавливается последовательно на расчетные углы φ по указателю 17, а коромысло 3 поворачивается на соответствующие углы ψ по шкале сектора. После каждой установки диска и коромысла на бумажном круге вращением рукоятки 18 устройства очерчивается окружность ролика. Кривая, проведенная на заготовке через центры окружностей ролика, будет *центровым* профилем кулачка. Внутренняя огибающая к окружностям ролика будет *действительным* профилем кулачка.

Для построения центрального профиля кулачка с поступательно движущимся толкателем заданы (табл., б): схема механизма, максимальное перемещение толкателя h , углы поворота кулачка φ_y , φ_d , φ_v и φ_b , смещение e , минимальный радиус (основной шайбы) r_0 и закон движения толкателя. Направляющая (толкатель) 3 с сектором 5 червячной передачей 13 устанавливается на нуль. Корпус 6 вместе с толкателем 3 и винтом 7 по шкале 8 смещается на заданную величину e . Каретка 10 с помощью винта 11 перемещается влево от цифры 12 на величину, равную полному ходу толкателя h . Ползун 2 устанавливается в пазу толкателя 3 в положение, которое относительно центра диска 1 будет определяться суммой $r_0 + \rho$. Диск устанавливается на нулевое деление. По заданному закону движения толкателя рассчитывается таблица значений $s = f(\varphi)$ для полного цикла. На диске укрепляется бумажный круг. Затем диск устанавливается последовательно на расчетные углы φ по указателю 17, и для каждого положения диска на диаграмме $s = f(\varphi)$ определяется значение перемещения s толкателя. С помощью винта 11 вправо на эту величину перемещается каретка. После каждой новой установки диска и толкателя на бумажном круге вращением рукоятки 18 устройства очерчивается окружность ролика. Кривая, проведенная на заготовке через центры окружностей ролика, будет *центровым* профилем кулачка. Внутренняя огибающая к окружностям ролика - *действительный* профиль кулачка.

Задания к лабораторной работе

1

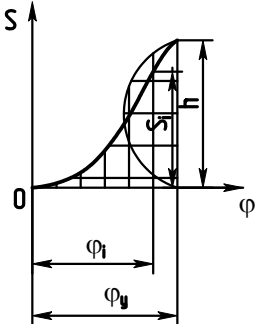
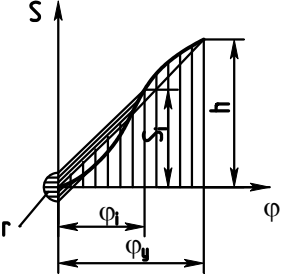
2

а)

б)

№	A	L	Ψ_0	$\Psi_{\max}$	φ_y	φ_d	φ_b	φ_6
вар-та	мм	град						
1	75	40	15	30	90	90	90	90
2	80	45	20	32	120	60	120	60
3	85	50	25	34	90	105	90	75
4	95	60	18	36	120	75	120	45
5	105	70	21	38	90	60	90	120
6	115	80	24	40	120	90	120	30
7	120	85	19	38	90	30	90	150
8	110	75	23	36	120	45	120	75
9	100	65	21	34	90	75	90	105
10	100	60	25	32	120	30	120	90

№	r_0	h	e	φ_y	φ_d	φ_b	φ_6
вар-та	мм	град					
1	30	40	10	120	30	120	90
2	35	30	10	90	75	90	105
3	40	35	8	120	45	120	75
4	32	40	10	90	30	90	150
5	34	45	14	120	90	120	30
6	36	40	11	90	60	90	120
7	38	35	10	120	75	120	45
8	40	45	9	90	105	90	75
9	37	35	12	120	60	120	60
10	39	40	15	90	90	90	90

1	2
Законы движения толкателя	
Равномерный $S = h \frac{\varphi}{\varphi_y}$ или $\Psi = \Psi_{\max} \frac{\varphi}{\varphi_y}$	Косинусоидальный $S = \frac{h}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi \varphi}{\varphi_y} \right)$ или $\Psi = \frac{\Psi_{\max}}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi \varphi}{\varphi_y} \right)$ $r = \frac{h}{2}$ 
Равномерно-ускоренный 1. $0 \leq \varphi \leq \frac{\varphi_y}{2}$ $S = 2h \left(\frac{\varphi}{\varphi_y} \right)^2 \quad \text{или}$ $\Psi = 2\Psi_{\max} \left(\frac{\varphi}{\varphi_y} \right)^2$ 2. $\frac{\varphi_y}{2} \leq \varphi \leq \varphi_y$ $S = h - 2h \left(\frac{\varphi_y - \varphi}{\varphi_y} \right)^2$ или $\Psi = \Psi_{\max} - 2\Psi_{\max} \times \left(\frac{\varphi_y - \varphi}{\varphi_y} \right)^2$	Синусоидальный $S = h \frac{\varphi}{\varphi_y} - \frac{h}{2\pi} \cdot \sin \left(\frac{2\pi \varphi}{\varphi_y} \right)$ или $\Psi = \Psi_{\max} \frac{\varphi}{\varphi_y} - \frac{\Psi_{\max}}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi \varphi}{\varphi_y} \right)$ $r = \frac{h}{2}$ 

4. Порядок проведения работы

1. Установить на ТММ21 диск 1, корпус 6, сектор 5 так, чтобы все указатели совпадали с нулевым делением шкал, а на каретке 10 - с делением 12.
2. Укрепить бумажный круг на диске 1 и настроить прибор по исходным данным (табл., а или б).
3. Вычислить значения перемещений толкателя (законы движения толкателя при удалении и возвращении симметричны) в функции угла поворота и построить диаграмму $s = f(\varphi)$ или $\psi = f(\varphi)$.
4. Пользуясь диаграммой, последовательно поворачивать диск 1 через $10-20^\circ$ и соответственно углам поворота вращать или перемещать толкатель 3.
5. После каждой установки диска 1 и толкателя 3 на бумажном круге нанести циркулем 18 окружность, изображающую ролик. Провести внутреннюю огибающую к окружностям и получить *действительный* профиль кулачка. Изобразить *центральной* профиль кулачка.

5. Содержание отчета

Лабораторная работа

СИНТЕЗ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

1. Схема кулачкового механизма.
2. Таблица исходных данных.

Тип а					Тип б			
A, мм	L, мм	ψ_0^0	$\psi_{\max}^0$	ψ_p^0	r_0 , мм	h, мм	e, мм	ψ_p^0

3. Закон движения толкателя
4. Диаграмма $s = f(\varphi)$ или $\psi = f(\varphi)$.
5. Профиль кулачка.

Работу выполнил..... Работу принял

6. Контрольные вопросы

1. Что называется кулачковым механизмом, кулачком, толкателем? Какие бывают типы толкателей?
2. В чем заключается задача кинематического анализа кулачковых механизмов?
3. Какие геометрические параметры задаются при кинематическом анализе кулачкового механизма?
4. Какие бывают способы замыкания высшей пары?
5. Как определить жесткость пружины при силовом замыкании высшей пары?
6. Начертите схему кулачкового механизма и покажите на ней угол давления.
7. В чем заключается задача кинематического синтеза кулачковых механизмов?

8. При каких законах движения толкателя наблюдаются удары в кулачковых механизмах?
9. Какие силы действуют на толкатель кулачкового механизма и как они определяются?
10. Как построить центровый и действительный профили кулачка в механизме с поступательно движущимся толкателем?

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. 1988.
2. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин: Учеб. пособие для мех. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985.
3. К.Ф. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов; под ред. К.В. Фролова. – 2-е изд., переб. и доп. – М.: Высш. шк., 1998.
4. Лабораторные работы по теории механизмов и машин /Е.А.Камцevi др. – Минск: Высшейш. Школа, 1976.
5. Горov Э.А., Гайдай С.А., Лушников С.В. Типовой лабораторный практикум по теории механизмов и машин: Учеб. пособие для студентов втузов – М.: Машиностроение, 1990.