

ОПД.Ф.02.03 ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЯ
КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА
Методические указания к лабораторной работе

Введение

Целью настоящей работы является закрепление лекционного материала по темам «Кинематические характеристики механизмов» и «Синтез кулачковых механизмов».

Когда перемещение, скорость и ускорение ведомого звена должны изменяться по заранее заданному закону и если ведомое звено временно должно останавливаться при непрерывном движении ведущего звена, вопрос решается применением кулачкового механизма.

Пример: кулачковые механизмы служат для открытия и закрытия клапанов газораспределительных механизмов двигателей внутреннего сгорания.

В теории механизмов и машин решаются две основные задачи:

- *анализ* работы кулачкового механизма, когда по заданным размерам звеньев и профилю кулачка определяется закон движения ведомого звена;
- *синтез* кулачкового механизма, когда по заданному закону движения ведомого звена строится профиль кулачка, определяются рациональные размеры, при которых создаются наиболее благоприятные условия работы проектируемого кулачкового механизма.

Кулачковые механизмы осуществляют преобразование какой-либо формы движения входного звена в заданную форму движения выходного звена. Входное звено в этом случае называется кулачком, а выходное звено – толкателем.

Задачей этой лабораторной работы является определение закона движения толкателя заданного кулачкового механизма. То есть необходимо построить диаграммы: перемещений, проходимых толкателем в зависимости от угла поворота кулачка, аналога скорости, аналога ускорения; характеристики углов давления и, по заданному радиусу основной окружности кулачка r_0 и смещению e , определить максимальные углы давления ν . Сравнивая полученные углы давления с максимально допустимыми ν_v и ν_c для кулачкового механизма с роликовым толкателем, определить оптимальную величину смещения e , при которой углы давления кулачкового механизма не будут выходить за пределы максимально допустимых.

1. ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ

- Стенд – модель кулачкового механизма (рис. 1) ;
- исследуемый кулачок;
- диск с градусной сеткой;
- штангенциркуль;
- линейка;
- лист миллиметровой бумаги.

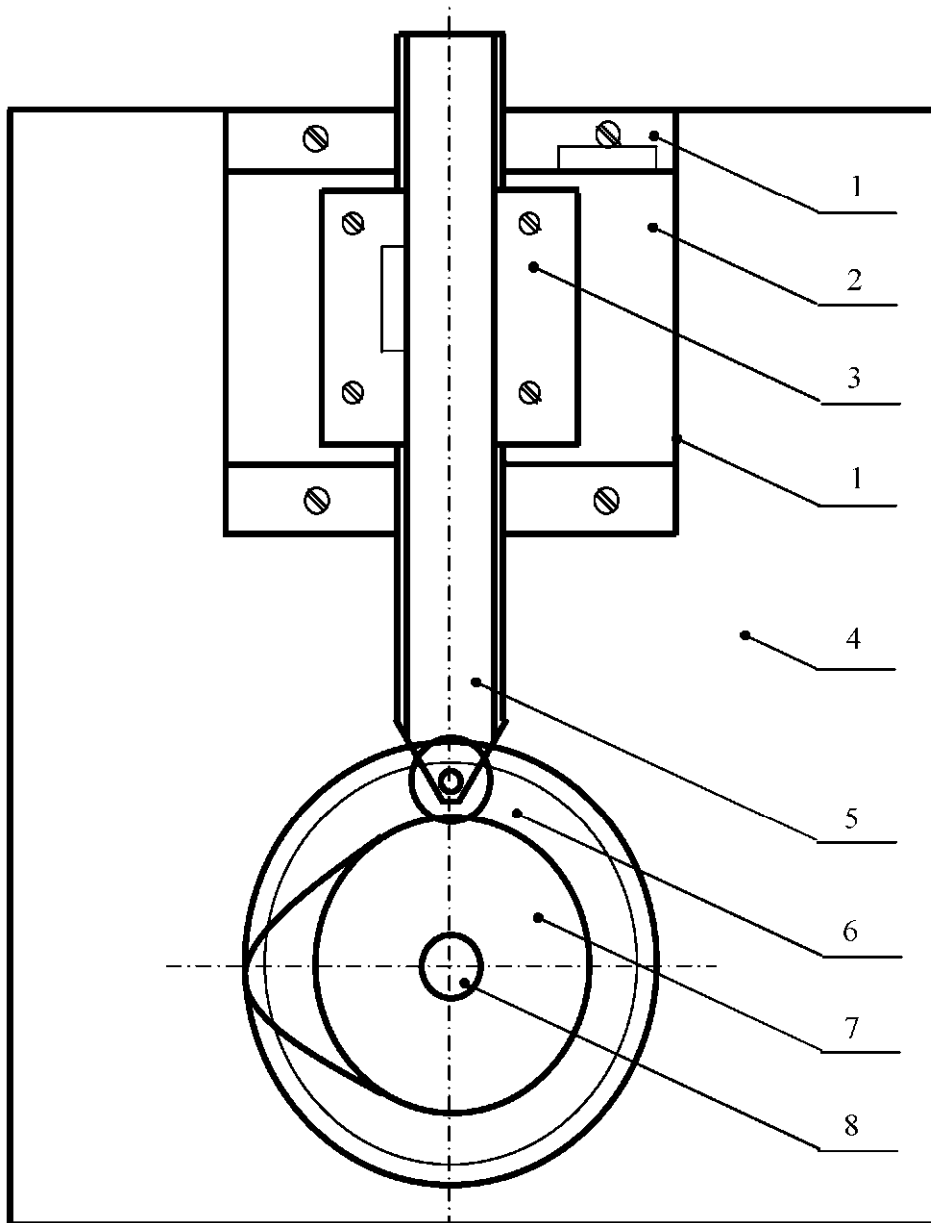


Рис. 1. Общий вид лабораторной установки:

- 1 – направляющие платы смещения; 2 – плата смещения толкателя;
3 – направляющие толкателя; 4 – станина; 5 – толкатель;
6 – мерный диск с градусной сеткой; 7 – кулачок; 8 – ось кулачка

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями (см. курс лекций).

2. Ознакомиться с моделью механизма, его конструкцией. Вычертить схему механизма.

3. Замерить:

r_0 – радиус основной окружности кулачка;

$r_{рол}$ – радиус ролика.

4. Установить кулачок на ось вращения. Приняв за входное звено кулачок и вращая его, определить начало фазы удаления.

5. Замерить:

H_{max} – ход толкателя;

$\varphi_y, \varphi_{dc}, \varphi_c, \varphi_{bc}$ – фазовые углы удаления, дальнего стояния, сближения и ближнего стояния соответственно;

S_i – величины перемещений, проходимых толкателем за время каждой фазы поворота кулачка.

6. Разделить фазовые углы на 8 – 10 частей и замерить величины перемещений, проходимых толкателем:

за $1/8$ ($1/10$) $\varphi_y, 2/8$ ($2/10$) $\varphi_y, \dots, 8/8$ ($10/10$) φ_y ,

и $1/8$ ($1/10$) $\varphi_{np}, 2/8$ ($2/10$) $\varphi_c, \dots, 8/8$ ($10/10$) φ_c поворота кулачка.

Для уточнения определяемых величин измерения следует производить несколько раз. Для этого определить и записать все параметры при прямом ходе толкателя, затем при обратном. Замеры повторить не менее трех раз.

7. Составить таблицу замеров (таблица).

Перемещение толкателя

№ п/п	Угол поворота кулачка, град	Перемещение толкателя, мм			
		№1	№2	№3	среднее

8. Построить диаграмму перемещений, проходимых толкателем в зависимости от угла поворота кулачка (рис. 2, а).

В левой верхней части чертёжного формата построить диаграмму перемещений, проходимых толкателем в зависимости от угла поворота кулачка $H = f(\varphi)$.

Если по оси абсцисс отложить отрезок 314 мм, соответствующий одному обороту кулачка – 2π , то масштабный коэффициент по этой оси будет равен

$$\mu_{\varphi} = \frac{2\pi}{314} = 0,02 \text{ рад/мм.} \quad (1)$$

Тогда, отрезки (мм), изображающие на чертеже соответствующие фазовые углы, будут равны:

$$\overline{\varphi_y} = \frac{\varphi_y}{\mu_{\varphi}}; \quad \overline{\varphi_c} = \frac{\varphi_c}{\mu_{\varphi}}. \quad (2)$$

Масштабный коэффициент по оси ординат выбираем согласно ГОСТ 2.202-68: М 1:1, М 1:2, М 2:1. В теории механизмов и машин этим масштабам соответствуют масштабные коэффициенты $\mu_s = 1\text{м}/1000\text{мм} = 0,001 \text{ м/мм}$, $\mu_s = 1\text{м}/500\text{мм} = 0,002 \text{ м/мм}$ и $\mu_s = 1\text{м}/2000\text{мм} = 0,0005 \text{ м/мм}$. В конце фазового угла φ_y откладываем отрезок, соответствующий ходу толкателя H_{\max} в масштабе μ_s :

$$H = H_{\max}/\mu_s. \quad (3)$$

Делим фазовые углы оси абсцисс на 8 – 10 частей и на перпендикулярах, восстановленных в конце каждого интервала $1/8$ ($1/10$) $\overline{\varphi_y}$, $2/8$ ($2/10$) $\overline{\varphi_y}$, ..., $8/8$ ($10/10$) $\overline{\varphi_y}$ и $1/8$ ($1/10$) $\overline{\varphi_c}$, $2/8$ ($2/10$) $\overline{\varphi_c}$, ..., $8/8$ ($10/10$) $\overline{\varphi_c}$ откладываем перемещения, проходимые толкателем в масштабе μ_s . Отмеченные точки соединяем плавной кривой, получим диаграмму перемещений.

9. Построить диаграммы аналога скорости $\frac{dS}{d\varphi} f(\varphi)$ и аналога ускорений $\frac{d^2S}{d\varphi^2} f(\varphi)$ (рис. 2, б, в).

Для построения диаграмм воспользуемся способом графического дифференцирования (см. курс лекций).

Рассмотрим графическое дифференцирование методом хорд.

Известно, что при графическом дифференцировании диаграмма перемещений и диаграмма аналога скорости связаны между собой полюсным расстоянием \overline{OP} и масштабными коэффициентами, т. е.

$$\mu_{dS/d\varphi} = \frac{\mu_s}{\overline{OP} \cdot \mu_{\varphi}}, \quad (4)$$

где $\mu_{\frac{dS}{d\varphi}}$ – масштабный коэффициент аналога скорости, м/мм.

Для удобства построения характеристики углов давления и профиля кулачка желательно, чтобы масштабный коэффициент аналога скорости равнялся масштабному коэффициенту перемещений, т.е.

$$\mu_{\frac{dS}{d\varphi}} = \mu_S.$$

Этому условию, с учетом принятых масштабов ($\mu_\varphi = 0,02$ рад/мм), будет удовлетворять полюсное расстояние

$$\overline{OP} = \frac{1}{\mu_\varphi} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ мм}.$$

На продолжение оси абсцисс, слева от оси ординат, диаграммы скорости откладываем отрезок \overline{OP} , равный полюсному расстоянию. Кривую диаграммы перемещений между отдельными положениями заменяем отрезками-хордами. Через полюс P , параллельно хордам, проводим прямые до пересечения с осью ординат. Известно, что отрезки, отсекаемые этими прямыми на оси ординат, пропорциональны средним скоростям движения толкателя на соответствующих интервалах диаграммы аналога скорости. Откладываем эти отрезки на серединах соответствующих интервалов диаграммы аналога скорости. Полученные точки соединяем плавной кривой. Кривую аналога скорости следует проводить так, чтобы экспериментальные точки распределялись равномерно по обеим сторонам кривой. Продифференцировав диаграмму аналога скорости аналогичным способом, получим диаграмму аналога ускорения.

Масштабы по осям ординат для определения скорости и ускорения при этом методе построения определяются по формулам:

$$\mu_v = \frac{\mu_S \cdot \omega}{\overline{OP} \cdot \mu_\varphi}; \quad (5)$$

$$\mu_a = \frac{\mu_v \cdot \omega}{\overline{OP} \cdot \mu_\varphi}. \quad (6)$$

10. Построить характеристику углов давления. Определить угол давления ν (рис. 2, з).

Для построения характеристики углов давления кулачкового механизма с роликовым толкателем с правой стороны диаграммы перемещений проводим вертикальную прямую 1-1 – ось движения толкателя. Проведём оси абсцисс диаграмм аналога скорости и перемещений до пересечения с этой прямой. Через точку пересечения

прямой 1-1 и оси диаграммы аналога скорости проведём прямую 2-2 под углом γ к прямой 1-1.

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\mu_{dS}}{\mu_S} = 1, \text{ тогда } \gamma = 45^\circ.$$

Если кулачок вращается по направлению движения часовой стрелки, то угол γ откладываем по правую сторону прямой 1-1, если кулачок вращается против направления движения часовой стрелки, то угол γ откладываем по левую сторону прямой 1-1. Построим характеристику углов давления (см. рис. 2, *з*).

Характеристика углов давления при удалении – a, b, c, \dots, m , характеристика углов давления при сближении – a', b', c', \dots, m' .

Для определения оси вращения кулачка проводим прямую 3-3 на расстоянии e от прямой 1-1: слева, если кулачок вращается против направления движения часовой стрелки; и справа, если кулачок вращается по направлению движения часовой стрелки. Из начала характеристики углов давления (точка B) радиусом, равным r_0 , делаем засечку на прямой 3-3. Точка пересечения определит положение оси вращения кулачка.

Угол давления υ в любой точке профиля кулачка можно определить, если соответствующую точку характеристики углов давления соединить с осью вращения и измерить угол между вертикалью и полученным направлением.

Максимальным углом давления при удалении υ_u будет являться угол, заключённый между вертикалью и касательной к характеристике углов давления при удалении, проведённый через ось вращения кулачка. Замерив этот угол, сравниваем его с максимально допустимым $\upsilon_{дон}$. Также определяется и максимальный угол давления при сближении υ_c . Чем больше угол давления υ , тем больше силы в кинематических парах при заданных значениях активных сил, приложенных к толкателю, и тем больше потери на трение при заданных коэффициентах трения. Поэтому в техническом задании на проектирование кулачкового механизма определено значение $\upsilon_{дон}$ допустимого угла давления. Обычно $\upsilon_{дон} = 15^\circ \dots 30^\circ$ при поступательно движущемся толкателе, при вращающемся толкателе $\upsilon_{дон} = 40^\circ \dots 45^\circ$. Текущие значения угла давления являются в большинстве случаев переменными. Поэтому максимальные значения углов давления не должны превышать допустимых границ: $\upsilon_i \leq \upsilon_{дон}$. Если υ_{max} оказывается больше допустимого, то определяем новую величину смещения e , при которой υ войдёт в пределы допустимых.

Отчёт по лабораторной работе оформить на листе миллиметровой бумаги или ватмана.

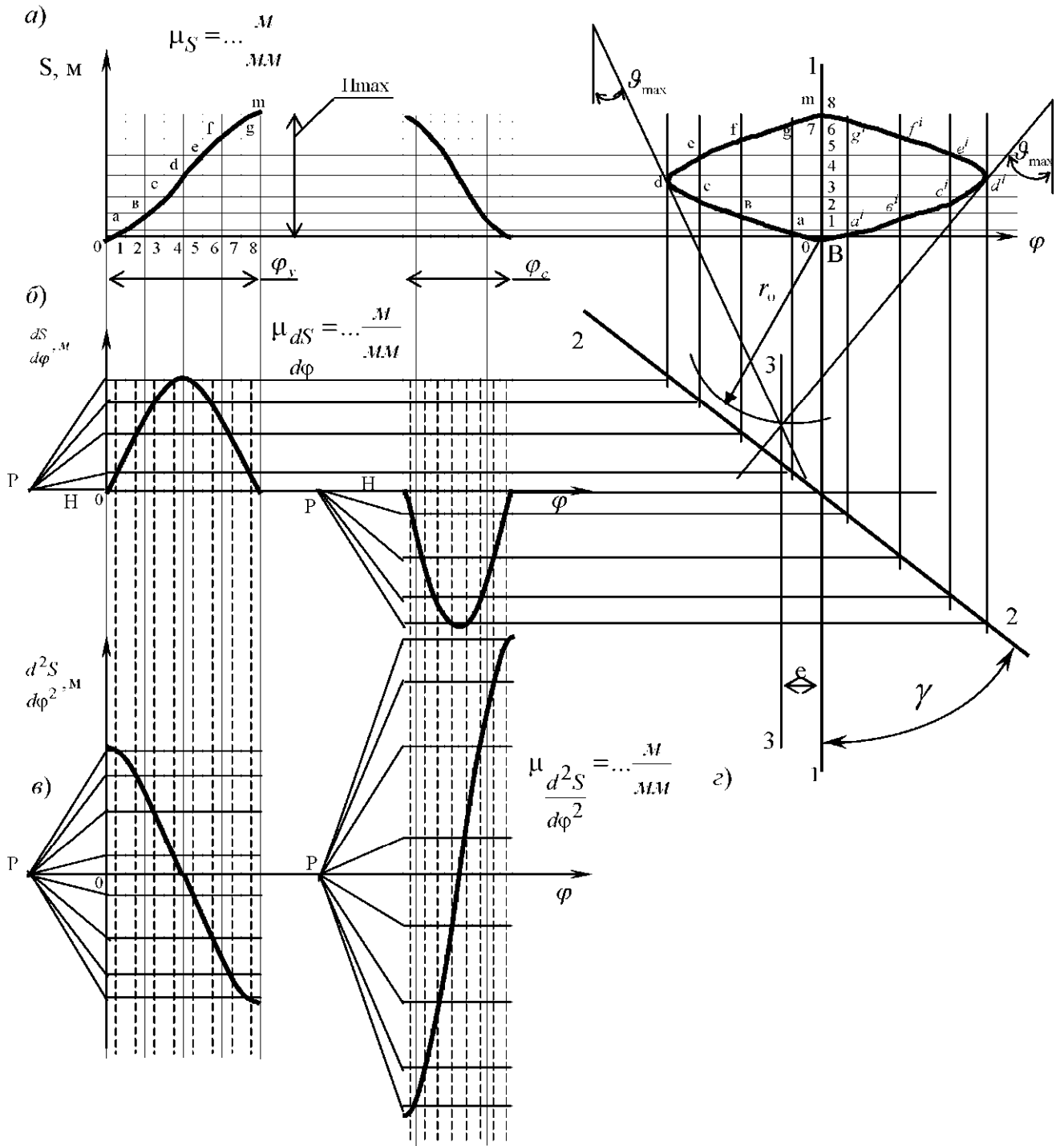


Рис. 2. Определение угла давления

Контрольные вопросы

1. Классификация кулачковых механизмов.
2. Достоинства и недостатки кулачковых механизмов.
3. Типовые законы движения выходного звена.
4. Что относится к основным размерам кулачкового механизма?
5. Что называется углом давления и углом передачи движения?
6. Что является задачей анализа кулачкового механизма?
7. Что является задачей синтеза кулачкового механизма?
8. Какой профиль называют рабочим, а какой теоретическим?
9. В какой последовательности выполняют кинематический анализ кулачкового механизма?
10. В какой последовательности выполняют кинематический синтез кулачкового механизма?
11. Как определяют масштабные коэффициенты при графическом дифференцировании?

Библиографический список

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – С. 130-137.
2. Кореняко А. С. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. – Киев: Вища школа, 1970. – С. 103-135 .
3. Кореняко А. С. Теория механизмов и машин. – Киев: Вища школа, 1976. – С. 122-156.
4. Фролов К. В. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 1987. – С. 444-472.
5. Фролов К. В. Теория механизмов и механика машин. – М.: Высшая школа, 1998. – С. 422-452.
6. Попов С. А., Тимофеев Г. А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин. – М.: Высшая школа, 1999. – 272-315.
7. Белоконев И.М. Теория механизмов и машин – М.: Дрофа, 2004. – С. 104-118.
8. Смелягин А.И. Теория механизмов и машин. – М.: ИНФРА-М, 2006. – С. 130-178.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1.ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ.....	4
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	5
Контрольные вопросы	10
Библиографический список.....	11