



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»

## «Определение закона перемещения толкателя кулачкового механизма»

### ПРАКТИКУМ

по выполнению лабораторной работы

по дисциплине

«Теория механизмов и машин»

Ростов-на-Дону, 2022

Составители: доцент, к. т. н. Камышанов А.И.  
доцент, к. т. н. Ровеньков Е.Д.  
доцент, к. т. н. Савенков М.В.

Практикум по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория механизмов и машин»

В практикуме кратко изложены теоретические вопросы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы, рабочее задание и контрольные вопросы.

Предназначен для обучающихся по направлениям и специальностям: 15.03.02, 15.03.05, 23.05.01, 35.03.06

Ответственный за выпуск:  
Зав.кафедрой  
«Теоретическая и прикладная механика»  
проф., д.т.н. Соловьев А.Н.

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>4</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ .....</b>	<b>6</b>
<b>ЦЕЛЬ РАБОТЫ .....</b>	<b>6</b>
<b>РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ .....</b>	<b>6</b>
<b>ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>6</b>
<b>МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ .....</b>	<b>7</b>
<b>ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ .....</b>	<b>7</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ .....</b>	<b>9</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>10</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>11</b>
<b>Приложение А .....</b>	<b>11</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Практикум служит для разъяснения порядка, методики выполнения лабораторной работы по теме «Анализ и синтез механизмов с высшими кинематическими парами».

Практикум по лабораторной работе способствует получению навыков применения теории при анализе реальных механизмов.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Плоские кулачковые механизмы являются трехзвенными механизмами и состоят из стойки, кулачка (входное звено) и толкателя (выходное звено). Кулачок и толкатель образуют со стойкой низшие кинематические пары, а между собой высшую кинематическую пару.

Наиболее распространенными являются кулачковые механизмы, у которых кулачок совершает вращательное движение, а толкатель – либо возвратно-поступательное (рис. 1, а, б), либо колебательное движение (рис. 1, в). Если центр вращения кулачка лежит на продолжении прямолинейной траектории толкателя, то кулачковый механизм называется центральным (см. рис.1, б).

Если центр вращения кулачка не лежит на этой прямой, то кулачковый механизм называется внецентренным. а величина  $e$  – эксцентриситетом (см. рис. 1,а),

Полный цикл работы кулачковых механизмов, как правило, осуществляется за один оборот кулачка.

Перемещение толкателя из нижнего крайнего положения в крайнее верхнее положение называется ходом толкателя  $H$ , [м], или  $\varphi$ , [град].

Угол, на который поворачивается кулачок при перемещении толкателя из крайнего нижнего положения в крайнее верхнее положение, называется углом удаления ( $\varphi_y$ ). Угол поворота кулачка, при котором толкатель остается в крайнем верхнем положении, называется углом дальнего стояния ( $\varphi_{дс}$ ).

Угол, на который поворачивается кулачок при перемещении толкателя из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее положение, называется углом возвращения ( $\varphi_в$ ).

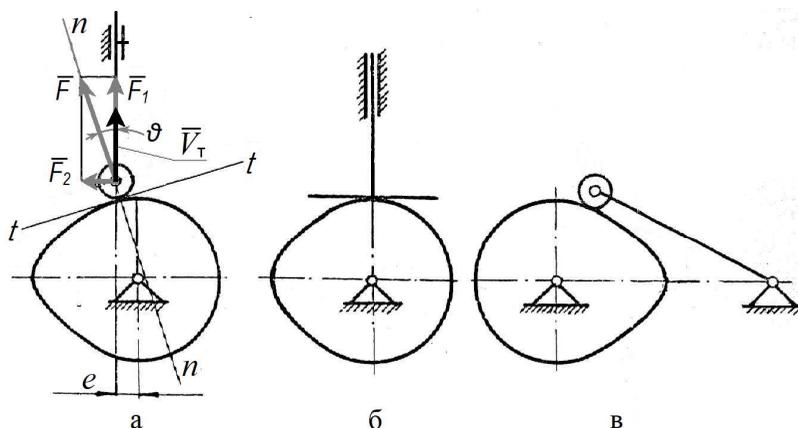
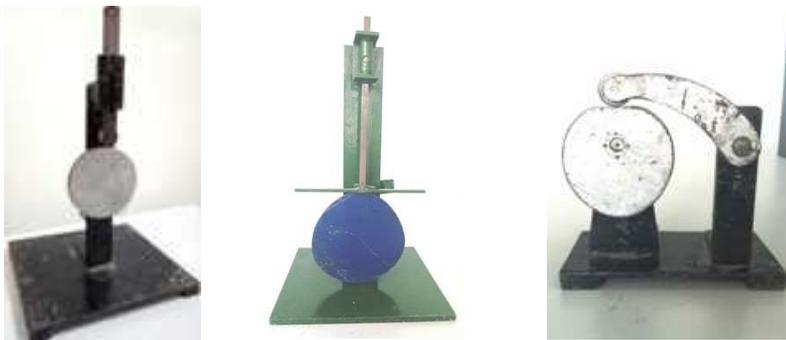


Рис. 1. Конструкции и схемы кулачковых механизмов.

Угол поворота кулачка, при котором толкатель находится в крайнем нижнем положении, называется углом ближнего стояния ( $\varphi_{БС}$ ). Сумма углов  $\varphi_{у} + \varphi_{дс} + \varphi_{в} = \varphi_{р}$ , и называется рабочим углом кулачка,

Острый угол между векторами скорости ведомого звена (толкателя)  $V_T$  и силы давления кулачка на толкатель  $F$  называется углом давления  $\theta$  (см. рис.1, а).

Величина угла  $\theta$  существенно влияет на условия работы кулачковых механизмов. Как видно из рис. 1, а, сила давления кулачка на толкатель  $F$  действует по нормали  $NN$  к профилю кулачка. Составляющая этой силы  $F_1 = F \cdot \cos \theta$  перемещает толкатель, преодолевая силы полезного и вредного сопротивления, а

составляющая  $F_2 = F \cdot \sin \theta$  увеличивает трение в кинематической паре, образованной толкателем со стойкой.

С увеличением угла  $\theta$  сила  $F_1$  уменьшается, а сила  $F_2$  увеличивается, следовательно, при некотором предельном значении  $\theta$  сила  $F_2$  может стать больше  $F_1$ ; такое явление называется заклиниванием. Поэтому при проектировании кулачковых механизмов необходимо стремиться к тому, чтобы в любом положении кулачка  $\theta < \theta_{max}$ , где  $\theta_{max}$  – максимальное значение угла давления.

## ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после инструктажа по технике безопасности, противопожарным мерам и росписи в специальном журнале.

Студенты самостоятельно выполняют работы только на специальных лабораторных установках и реальных механизмах под руководством преподавателя.

Студентам категорически запрещается без разрешения преподавателя включать лабораторное оборудование в электросеть и изменять режим его работы, а также проявлять осторожность в процессе изучения движения звеньев различных механизмов.

При нарушении требований техники безопасности студент отстраняется от дальнейшего выполнения лабораторной работы. Если действия студента не привели к серьезным последствиям, то он может быть вновь допущен к лабораторным занятиям после повторного инструктажа.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является анализ реальных плоских кулачковых механизмов с последующим построением диаграммы перемещения толкателя в функции угла поворота кулачка  $S=S(\varphi)$ .

### РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

Каждый студент получает индивидуальное задание (соответствующие механизмы, режимы работы, исходные параметры для выполнения лабораторной работы)

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Лабораторная работа проводится в специализированной

лаборатории.

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, освоившие теоретическую часть, цель и порядок выполнения работы. Протокол практикума по лабораторной работе представлен в приложении А.

## МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Действующие макеты реальных механизмов, используемые для проведения практикума по лабораторным работам, находящиеся в кафедральной лаборатории, ауд. 1-323.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установить на столе указанный преподавателем механизм, ознакомиться с его конструкцией. Определить все звенья кулачкового механизма. Сообщив движение входному звену, определить характер движения остальных звеньев. Определить кинематические пары, образованные звеньями.

2. Приложив к кулачку лист бумаги, аккуратно получить профиль кулачка (шаблон).

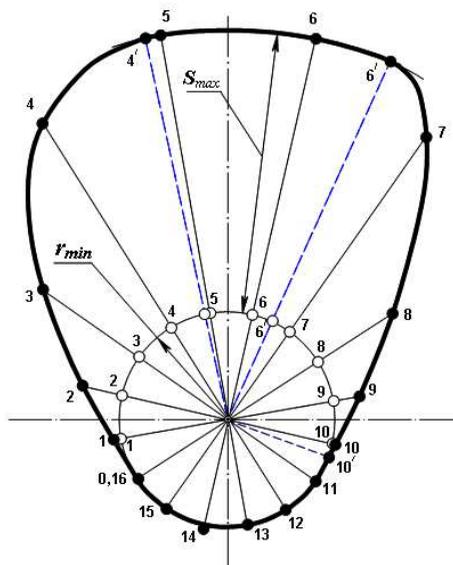


Рис.2. Шаблон кулачка.

3. На шаблоне кулачка указать ось кулачка, используя замеры, полученные на механизме. Используя шаблон кулачка механизма получить и изобразить окружность минимального ра-

радиуса  $r_{min}$  (наименьшее расстояние от центра вращения до кривой профиля кулачка – это минимальный радиус кулачка).

4. Разделить окружность минимального радиуса кулачка  $r_{min}$  на 16 равных частей, считая нулевой точку, в которой кривая профиля кулачка касается окружности минимального радиуса.

5. Провести на шаблоне лучи из центра кулачка через полученные точки деления до пересечения с кривой профиля кулачка.

6. Для заданного кулачкового механизма построить профиль кулачка (см. рис. 3) с указанием масштабного коэффициента (используется шаблон кулачка механизма).

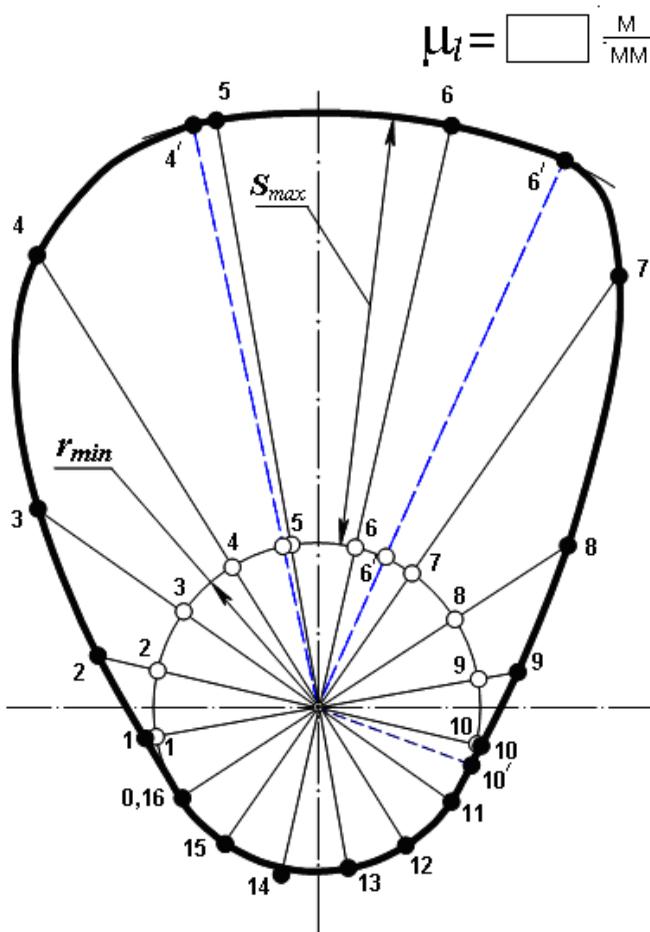


Рис. 3. Профиль кулачка в  $\mu_l$

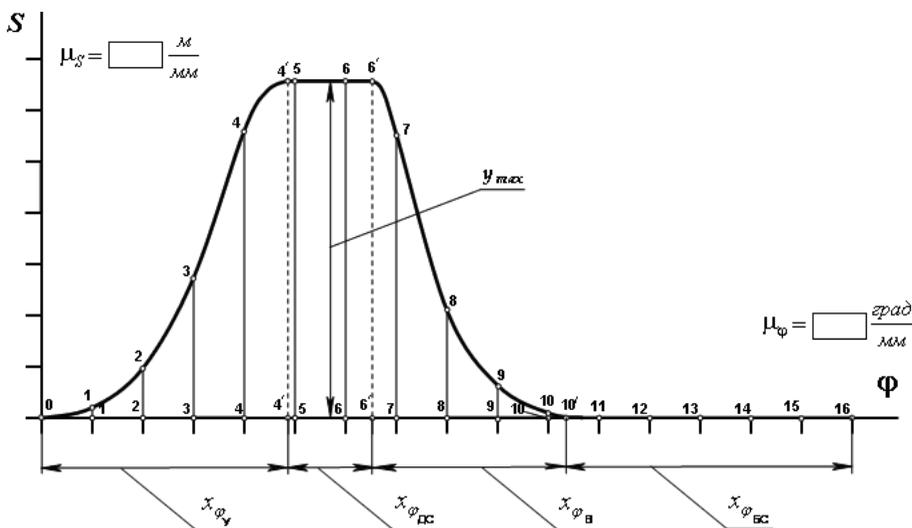


Рис.4. Диаграмма перемещения толкателя

7. Построить график перемещения толкателя в зависимости от угла поворота кулачка  $S=S(\varphi)$  (см. рис. 4), принимая следующие

масштабные коэффициенты:  $\mu_S = 0,001 \frac{M}{MM}$  ;  $\mu_\varphi = 2,25 \frac{град}{MM}$  .

8. Систематизировать параметры толкателя и проанализировать полученные результаты.

9. Оформить отчет и защитить лабораторную работу.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

Что такое механизм?

Что называется звеном, входным и выходным?

Какое звено называется входным?

Какое звено называется выходным?

Что такое кинематическая пара, элемент пары?

Как классифицируются пары?

Что такое кинематическая цепь?

Что такое первичный механизм или механизм 1 класса?

Что называется структурной группой или группой Ассура?

Как определить класс группы Ассура-Артоболевского?

Как определить порядок группы Ассура-Артоболевского?

Какое звено называется начальным?

Каков принцип образования механизма по Ассуру-

Артоболевскому ?

Как определить степени свободы (подвижность) механизма?

Что такое формула строения механизма?

Как определить класс механизма?

Чем отличается кинематическая схема механизма от структурной?

Что такое масштабный коэффициент?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория механизмов и машин. Анализ, синтез, расчет/ Ю.Ф. Лачуга, А.М. Баусов, А.Н. Воскресенский, А.М. Абалихин. – М.: Бибком, Транслог, 2015. – 416с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).

2. Теория механизмов и машин. Под ред. К.В.Фролова. -М.:Высш. шк., 2003.-496 с.

3. Теория механизмов и машин. Терминология. Буквенные обозначения величин. М.: «Наука» 1984, Вып.99

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

Лабораторная работа

**Определение закона перемещения толкателя кулачкового механизма**

Группа \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_ \_

#### 1. Профиль кулачка

#### 2. Закон перемещения толкателя в функции угла поворота кулачка

**3. Анализ полученных результатов**
**3.1. Фазовые углы:**

$$\text{угол удаления } \varphi_y = X_{\varphi_y} \cdot 2,25 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ град.},$$

$$\begin{aligned} \text{угол дальнего (верхнего) стояния } \varphi_{дс} &= X_{\varphi_{дс}} \cdot 2,25 = \\ &= \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ град.}, \end{aligned}$$

$$\text{угол возврата } \varphi_v = X_{\varphi_v} \cdot 2,25 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ град.},$$

$$\begin{aligned} \text{угол ближнего (нижнего) стояния } \varphi_n &= X_{\varphi_{нс}} \cdot 2,25 = \\ &= \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ град.}, \end{aligned}$$

где  $X_{\varphi_y}$ ,  $X_{\varphi_{дс}}$ ,  $X_{\varphi_v}$ ,  $X_{\varphi_{нс}}$  – отрезки на оси абсцисс  $\varphi$ , измеренные в мм (см. рис. 2).

$$3.2. \text{Ход толкателя: } S_{max} = y_{max} \cdot H_S = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м},$$

где  $y_{max}$  – максимальная ордината перемещения толкателя, мм (см. рис. 2).

$$3.3. \text{Минимальный радиус кулачка } r_{min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}.$$

Выводы:

---



---



---

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_