



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра «Теоретическая и прикладная механика»

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ

к курсовому проекту по дисциплине  
«**Теория механизмов и машин**»

Авторы  
Камышанов А.И.,  
**Шергин В.В.**

Ростов-на-Дону, 2022

## Аннотация

Методические указания и задания предназначены для студентов дневной формы обучения направления 24.03.04.

## Авторы:

доцент, к.т.н., доцент кафедры ТПМ  
Камышанов А.И.;

ст. преподаватель кафедры ТПМ  
Шергин В.В.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....</b>	<b>4</b>
<b>Тема курсового проекта.....</b>	<b>4</b>
<i>Раздел 1. Динамический синтез кулачкового механизма.....</i>	<i>4</i>
<i>Раздел 2. Кинематический анализ шарнирно-рычажного механизма.....</i>	<i>4</i>
<i>Раздел 3. Силовой анализ механизма.....</i>	<i>4</i>
<i>Раздел 4. Синтез и анализ передаточного механизма.....</i>	<i>4</i>
<b>СХЕМЫ МЕХАНИЗМОВ КОМПРЕССОРА.....</b>	<b>5</b>
<b>Схема кулачкового механизма.....</b>	<b>5</b>
<b>Схема шарнирно-рычажного механизма.....</b>	<b>5</b>
<b>Схема передаточного механизма.....</b>	<b>5</b>
<b>ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....</b>	<b>6</b>
<b>Кулачковый механизм.....</b>	<b>6</b>
<i>Передаточные функции ускорения толкателя.....</i>	<i>7</i>
<b>Шарнирно-рычажный механизм.....</b>	<b>8</b>
<b>Передаточный механизм.....</b>	<b>9</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>11</b>

## ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### ТЕМА КУРСОВОГО ПРОЕКТА:

### «Анализ и синтез механизмов компрессора»

#### *Раздел 1. Динамический синтез кулачкового механизма*

1.1. Построить кинематические диаграммы движения толкателя по заданной диаграмме  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = f(\varphi)$ .

1.2. Вычислить масштабы диаграмм движения толкателя.

1.3. Определить графически минимальный радиус кулачка ( $R_{min}$ ).

1.4. Построить профиль кулачка, указав направление вращения кулачка, фазовые углы, минимальный радиус и ход толкателя.

#### *Раздел 2. Кинематический анализ шарнирно-рычажного механизма*

2.1. Структурный анализ механизма.

2.2. Построить 12 совмещенных планов положений механизма, соответствующих повороту кривошипа на  $30^\circ$ , приняв за нулевое положение начало рабочего хода звена 3.

2.3. Построить 6 планов скоростей (для положений (0,2,4,6,8,10)) и 3 плана ускорений для положений (2,4,8).

2.4. Определить скорости и ускорения точек звеньев, а также величину и направление угловых скоростей и угловых ускорений звеньев механизма.

#### *Раздел 3. Силовой анализ механизма*

3.1. Построить схему механизма, план скоростей и ускорений (положение задается преподавателем).

3.2. Определить силы тяжести звеньев, силы и моменты пар сил инерции звеньев механизма.

3.3. Определить реакции в кинематических парах структурных групп.

3.4. Определить реакцию в кинематической паре механизма 1-го класса и уравновешивающую силу.

3.5. Определить уравновешивающую силу методом Н.Е. Жуковского.

#### *Раздел 4. Синтез и анализ передаточного механизма.*

4.1. Провести геометрический расчет профилируемой пары зубчатых колес  $Z_I, Z_{II}$ .

4.2. Построить картину зацепления пары колес  $Z_I$  и  $Z_{II}$ . Стандартный масштаб построения выбрать так, чтобы высота зуба на чертеже была не менее 30 мм. Вычертить по 3-4 зуба каждого колеса, указать теоретический и практический участки линии зацепления, рабочие участки профилей зубьев.

4.3. Определить коэффициенты перекрытия аналитически и по картине зацепления.

4.4. Подобрать недостающие числа зубьев колес планетарного механизма, определить радиусы начальных окружностей колес, считая их нулевыми.

4.5. Вычертить кинематическую схему передаточного механизма, построить кар-



тину линейных скоростей и план угловых скоростей колес механизма.

## СХЕМЫ МЕХАНИЗМОВ КОМПРЕССОРА

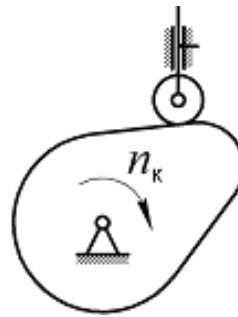


Рис. 1. Схема кулачкового механизма

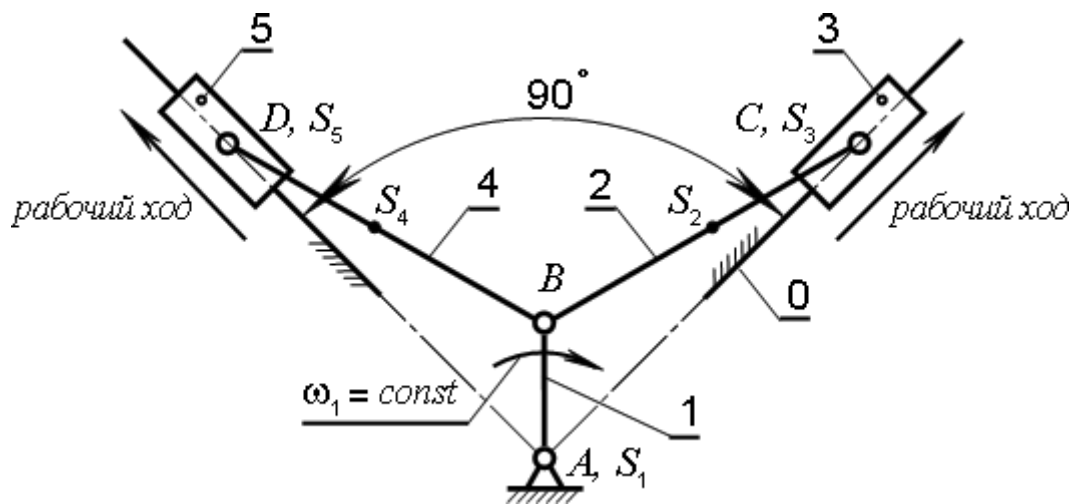


Рис. 2. Схема шарнирно-рычажного механизма

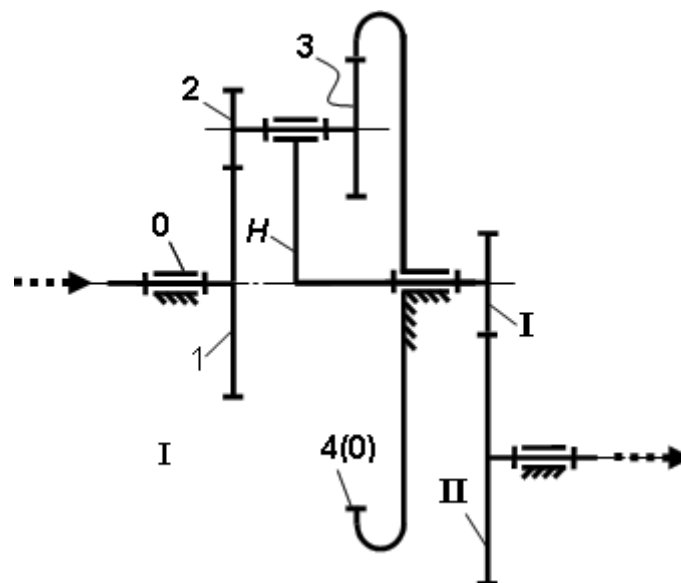


Рис. 3. Схема передаточного механизма

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### КУЛАЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ

(см. также рис.1 и рис.4)

Таблица 1

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Минимальный угол передачи движения	$\gamma$	град	для всех вариантов $\gamma_{min} = 60^\circ$									
Частота вращения кулачка	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	200	205	210	220	230	190	200	230	240	200
Фазовые углы кулачка	$\varphi_y$	град	120	110	110	120	120	120	100	120	100	120
	$\varphi_d$	град	90	80	70	120	80	100	100	90	120	110
	$\varphi_b$	град	110	120	100	100	120	120	100	100	100	100
Ход толкателя	$S_{max}$	м	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040	0,042	0,044	0,046	0,048
Тип диаграммы аналога ускорения $\frac{d^2S}{d\varphi^2}$	—	—	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2

Продолжение табл. 1

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Минимальный угол передачи движения	$\gamma$	град	для всех вариантов $\gamma_{min} = 60^\circ$									
Частота вращения кулачка	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	210	230	240	210	200	200	220	240	250	260
Фазовые углы кулачка	$\varphi_y$	град	100	110	120	140	100	110	110	120	100	110
	$\varphi_d$	град	90	80	100	80	80	90	90	80	90	120
	$\varphi_b$	град	100	100	100	100	140	120	100	100	100	100
Ход толкателя	$S_{max}$	м	0,050	0,042	0,044	0,040	0,046	0,040	0,040	0,045	0,045	0,030
Тип диаграммы аналога ускорения $\frac{d^2S}{d\varphi^2}$	—	—	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Продолжение табл. 1

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Минимальный угол передачи движения	$\gamma$	град	для всех вариантов $\gamma_{min} = 60^\circ$									
Частота вращения кулачка	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	270	210	205	215	225	200	210	220	215	220
Фазовые углы кулачка	$\varphi_y$	град	100	120	140	100	120	100	100	120	100	100
	$\varphi_d$	град	100	60	80	110	90	140	90	100	120	90
	$\varphi_b$	град	100	120	100	100	100	100	100	110	110	110
Ход толкателя	$S_{max}$	м	0,030	0,035	0,035	0,044	0,042	0,046	0,048	0,036	0,038	0,034
Тип диаграммы аналога ускорения $\frac{d^2S}{d\varphi^2}$	—	—	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2

## Передаточные функции ускорения толкателя

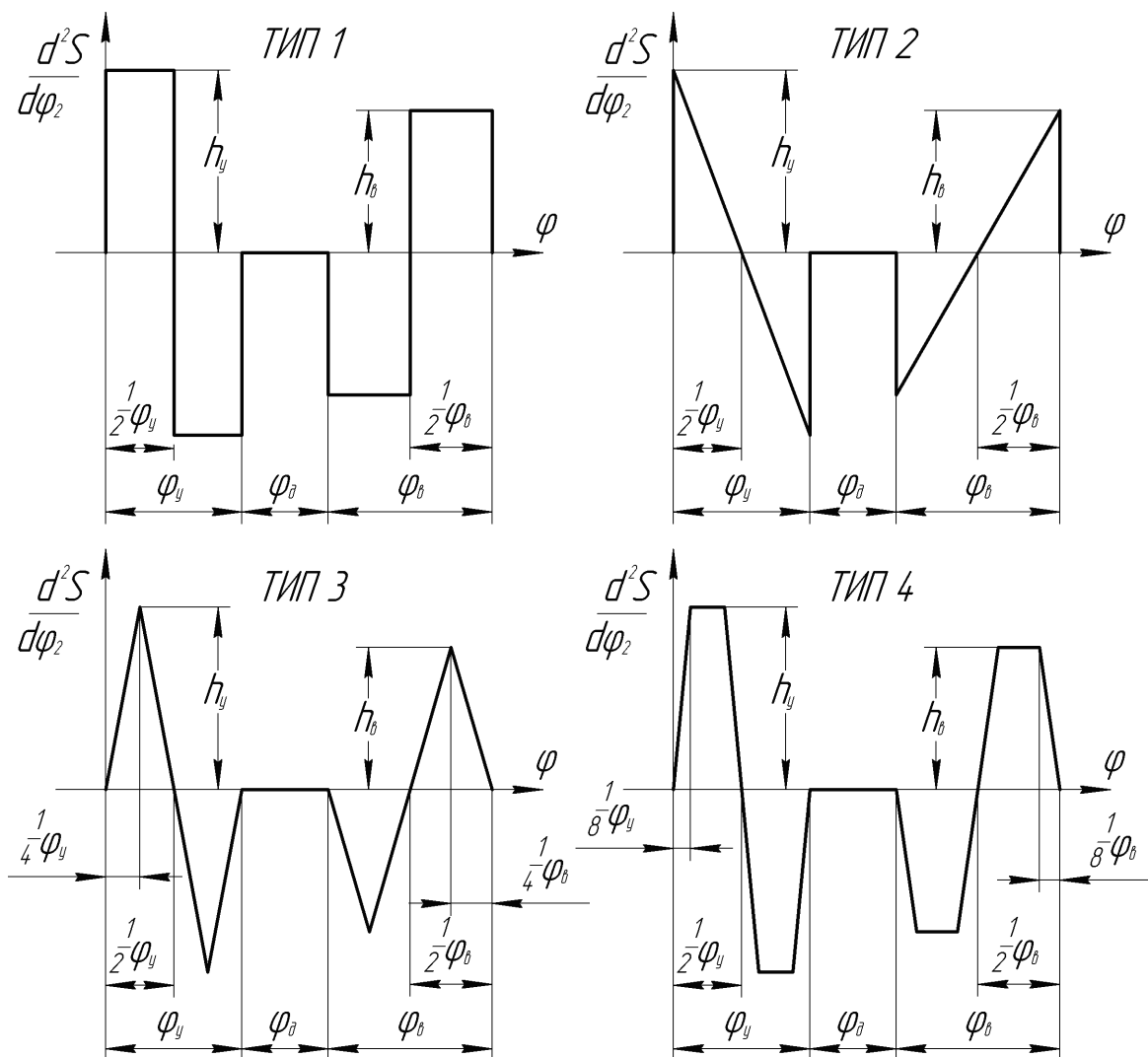


Рис. 4. Типы диаграмм аналога ускорений толкателя



**ШАРНИРНО-РЫЧАЖНЫЙ МЕХАНИЗМ**

(см. также рис.2)

Таблица 2

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота вращения кривошипа	$n_1$	$\text{мин}^{-1}$	200	205	210	220	230	190	200	230	240	200
Длины звеньев $BS_2 = S_2C$ $BS_4 = S_4D$	$l_{AB}$	$\text{м}$	0,080	0,075	0,070	0,065	0,060	0,070	0,040	0,060	0,070	0,065
	$l_{BD} = l_{CB}$	$\text{м}$	0,280	0,265	0,245	0,230	0,210	0,325	0,190	0,220	0,240	0,220
Массы звеньев	$m_1$	$\text{кг}$	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	8,5
	$m_2 = m_4$	$\text{кг}$	4,0	4,4	4,8	5,2	2,6	2,8	5,2	6,0	6,2	5,8
	$m_3 = m_5$	$\text{кг}$	2,0	2,2	2,4	2,6	1,3	1,4	2,4	3,0	3,1	2,9
Моменты инерции звеньев	$J_{S_2} = J_{S_4}$	$\text{кгм}^2$	0,035	0,02	0,018	0,015	0,014	0,04	0,011	0,013	0,021	0,017
Сила сопротивления, действующая на поршень 3	$P_{\text{сопр}}$	$\text{Н}$	1200	1210	1220	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1290

Продолжение табл. 2

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Частота вращения кривошипа	$n_1$	$\text{мин}^{-1}$	210	230	240	210	200	200	220	240	250	260
Длины звеньев $BS_2 = S_2C$ $BS_4 = S_4D$	$l_{AB}$	$\text{м}$	0,070	0,045	0,040	0,050	0,070	0,050	0,048	0,052	0,046	0,040
	$l_{BD} = l_{CB}$	$\text{м}$	0,240	0,260	0,280	0,220	0,250	0,150	0,180	0,160	0,165	0,180
Массы звеньев	$m_1$	$\text{кг}$	5,5	5,2	5,0	4,8	6,2	4,2	4,4	4,6	4,3	4,5
	$m_2 = m_4$	$\text{кг}$	5,6	4,0	4,2	4,4	5,0	2,8	3,0	4,0	3,2	3,1
	$m_3 = m_5$	$\text{кг}$	2,8	2,0	2,1	2,2	2,5	1,4	1,5	2,0	1,6	1,5
Моменты инерции звеньев	$J_{S_2} = J_{S_4}$	$\text{кгм}^2$	0,018	0,020	0,010	0,012	0,018	0,016	0,018	0,017	0,016	0,019
Сила сопротивления, действующая на поршень 3	$P_{\text{сопр}}$	$\text{Н}$	1300	1205	1215	1225	1235	1245	1250	1265	1270	1205

Продолжение табл. 2

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Частота вращения кривошипа	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	270	210	205	215	225	200	210	220	215	220
Длины звеньев $BS_2 = S_2C$ $BS_4 = S_4D$	$l_{AB}$	м	0,044	0,055	0,045	0,056	0,054	0,048	0,050	0,060	0,065	0,064
	$l_{BD} = l_{CB}$	м	0,190	0,175	0,185	0,200	0,210	0,220	0,205	0,215	0,200	0,240
Массы звеньев	$m_1$	кг	4,8	5,2	5,0	5,4	5,2	4,8	5,0	6,0	6,5	6,4
	$m_2 = m_4$	кг	3,6	3,4	3,8	4,0	4,2	4,0	3,6	4,2	4,4	4,3
	$m_3 = m_5$	кг	1,8	1,7	1,9	2,0	2,1	1,8	1,6	2,0	2,2	2,1
Моменты инерции звеньев	$J_{S_2} = J_{S_4}$	кгм <sup>2</sup>	0,020	0,018	0,019	0,02	0,021	0,022	0,02	0,021	0,018	0,024
Сила сопротивления, действующая на поршень 3	$P_{сопр}$	Н	1210	1220	1230	1240	1250	1230	1200	1220	1210	1260

### ПЕРЕДАТОЧНЫЙ МЕХАНИЗМ

(см. также рис.3)

Таблица 3

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота вращения колеса II	$n_{II}$	мин <sup>-1</sup>	200	205	210	220	230	190	200	230	240	200
Частота вращения колеса I	$n_I$	мин <sup>-1</sup>	1500	1550	1600	1650	1700	1650	1850	1450	1500	1550
Модуль зубьев колес 1,2,3,4	$m_{1,2,3,4}$	мм	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4
Модуль зубьев колес I, II	$m_{I,II}$	мм	10	8	12	10	10	8	10	12	10	8
Числа зубьев колес профилируемой пары	$z_I$	—	12	12	12	12	12	15	15	15	16	16
	$z_{II}$	—	12	13	14	15	16	15	16	18	16	17
Коэффициенты смещения исходного контура	$x_I$	—	0,47	0,38	0,53	0,3	0,43	0,58	0,45	0,45	0,58	0,54
	$x_{II}$	—	0,23	0,38	0,22	0,5	0,34	0,28	0,45	0,45	0,28	0,54
Параметры исходного контура	—	—	$\alpha = 20^0$ $h_a^* = 1,0$ $c^* = 0,25$									

Продолжение табл. 3

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Частота вращения колеса II	$n_{II}$	$\text{мин}^{-1}$	210	230	240	210	200	200	220	240	250	260
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	$\text{мин}^{-1}$	1650	1450	1700	1750	1500	1450	1400	1500	1650	1550
Модуль зубьев колес 1,2,3,4	$m_{1,2,3,4}$	$\text{мм}$	4	4	5	5	5	3	3	4	4	4
Модуль зубьев колес I, II	$m_{I,II}$	$\text{мм}$	12	10	10	8	10	12	10	10	8	12
Числа зубьев колес профилируемой пары	$z_I$	–	17	14	14	14	14	12	12	12	12	12
	$z_{II}$	–	18	14	15	16	17	12	13	14	15	16
Коэффициенты смещения исходного контура	$x_I$	–	0,58	0,45	0,44	0,58	0,64	0,47	0,38	0,53	0,3	0,43
	$x_{II}$	–	0,28	0,45	0,44	0,28	0,29	0,23	0,38	0,22	0,5	0,34
Исходный контур	–	–	$\alpha = 20^0$ $h_a^* = 1,0$ $c^* = 0,25$									

Продолжение табл. 3

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Варианты числовых значений									
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Частота вращения колеса II	$n_{II}$	$\text{мин}^{-1}$	270	210	205	215	225	200	210	220	215	220
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	$\text{мин}^{-1}$	1480	1520	1640	1530	1560	1460	1420	1460	1480	1510
Модуль зубьев колес 1,2,3,4	$m_{1,2,3,4}$	$\text{мм}$	3	3	4	4	4	3	3	4	3	4
Модуль зубьев колес I, II	$m_{I,II}$	$\text{мм}$	10	8	14	8	12	10	8	14	10	12
Числа зубьев колес профилируемой пары	$z_I$	–	15	15	15	16	16	17	14	14	14	14
	$z_{II}$	–	15	16	18	16	17	18	14	15	16	17
Коэффициенты смещения исходного контура	$x_I$	–	0,58	0,45	0,45	0,58	0,54	0,58	0,45	0,4	0,58	0,64
	$x_{II}$	–	0,28	0,45	0,45	0,28	0,54	0,28	0,45	0,4	0,28	0,29
Исходный контур	–	–	$\alpha = 20^0$ $h_a^* = 1,0$ $c^* = 0,25$									

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и машин – М.: Юрайт, 2012.
2. Смелягин, А.И. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2014.
3. Полушкин О.А., Цандеков В.С., Полушкин О.О. Комплексный анализ шарнирно-рычажного механизма – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2007.
4. Камышанов А.И. Синтез и анализ механизма с низшими парами – Ростов н/Д: РГАСХМ ГОУ, 2007.