

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МАШИННОГО АГРЕГАТА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине
«Теория механизмов и машин»

Уфа 2010

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет
Кафедра основ конструирования механизмов и машин

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МАШИННОГО АГРЕГАТА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине
«Теория механизмов и машин»

Уфа 2010

Составители: Б.И. Гурьев, Л.С. Кутушева, Л.Л. Русак

УДК 621.833 (07)

ББК 34.444 (я7)

Кинематический и силовой анализ машинного агрегата: Методические указания по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Теория механизмов и машин» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Б.И Гурьев, Л.С. Кутушева, Л.Л. Русак.- Уфа, 2010.- 31 с.

Приведены задания на расчетно-графическую работу по теории механизмов и машин для студентов по направлению подготовки дипломированного специалиста 657800 (151000) – «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» специальность 120100 (151001) «Технология машиностроения».

Ил.1. Табл. 3. Библи.: 7 назв.

Рецензенты: док. техн. наук. проф. М.Ш. Мигранов
канд. техн. наук. доц. И.В. Рокитянская

© Уфимский государственный
авиационный технический университет

Содержание

Введение.....	4
1. Проектирование зубчатого редуктора.....	5
2. Кинематический и силовой анализ рычажного механизма.....	12
Рекомендуемая литература.....	29

Введение

Дисциплина "Теория механизмов и машин" (ТММ) относится к циклу общепрофессиональных дисциплин.

При изучении курса ТММ студент получает основополагающие сведения о механизмах – об их многообразии, основных типах и о возможности их использования в различных машинах; изучает основные методы анализа и синтеза механизмов, применяемых в разнообразных машинах и устройствах; учится привлекать ЭВМ для рационального проектирования механизмов и оптимизации их параметров.

Этот курс лежит в основе конструкторских разделов большинства специальных дисциплин, освоение которых без знания основ теории механизмов и машин невозможно или затруднительно.

При выполнении расчетно-графической работы студенты учатся самостоятельно и грамотно решать задачи проектирования механизмов.

Задания на расчетно-графическую работу содержат: элементы синтеза, а также кинематический, силовой и геометрический расчет зубчатого механизма; кинематический и силовой расчет рычажного механизма.

Выполненная расчетно-графическая работа содержит графическую и расчетную части. Весь расчетный материал с необходимыми пояснениями, таблицами, результатами расчетов на ЭВМ помещается в пояснительную записку. Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1. Введение
2. Задание на выполнение расчетно-графической работы
3. Проектирование зубчатого редуктора
4. Кинематический и силовой анализ рычажного механизма
5. Приложения (результаты расчетов на ЭВМ).

Оформление записки должно соответствовать требованиям стандарта СТО УГАТУ 016-2007, предъявляемым к оформлению текстовых документов. Записку выполняют на листах формата А4. Графическую часть работы выполняют на листе формата А1.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗУБЧАТОГО РЕДУКТОРА

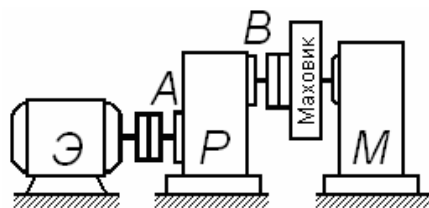


Рисунок 1.1

Машинный агрегат (рисунок 1.1) состоит из электродвигателя Э, редуктора Р и исполнительного рычажного механизма М периодического действия.

Вал двигателя и входной вал А редуктора, а также выходной вал В редуктора и вал входного звена (кривошипа) рычажного механизма соединены между собой муфтами. На вал кривошипа помещен маховик с целью снижения неравномерности хода.

Рабочий цикл агрегата совершается за один оборот кривошипа.

Для редуктора заданы:

кинематическая схема (таблица 1.1);

модули m зубчатых передач редуктора;

условия проектирования одной из зубчатых пар внешнего зацепления (перечень свойств, которыми должна обладать проектируемая пара – таблица 1.3);

продолжительность (в секундах) рабочего цикла агрегата $t_{ц}$; время одного оборота выходного вала В редуктора $t_{ц}$, частота его вращения n_B и угловая скорость ω_B связаны соотношениями:

$$n_B = 60/t_{ц}, \text{ об/мин}; \quad \omega_B = 2\pi/t_{ц} = \pi n_B / 30, \text{ рад/с.}$$

Требуется спроектировать редуктор при перечисленных выше исходных данных.

Методика выполнения работы

1.1. Вывести формулу передаточного отношения i_{AB} редуктора, выразив его величину через числа зубьев колес.

1.2. Оценить кинематические возможности редуктора, установив достижимый верхний предел его передаточного отношения и приемлемую частоту вращения n_A входного вала А (или вала электродвигателя, поскольку $n_{Э} = n_A = n_B |i_{AB}|$).

1.3. Из каталога (таблица 1.2) выбрать подходящий по частоте вращения $n_{Э}$ электродвигатель и определить требуемую величину передаточного отношения редуктора $|i_{AB}| = n_{Э} / n_B$.

1.4. Подобрать числа зубьев колес редуктора, обеспечивая получение знака (если он оговорен в задании) и требуемой величины $|i_{AB}|$; для соосных частей редуктора предусмотреть многостеллитное исполнение (число сателлитов или связанных колес n_w должно быть не менее трех); числа зубьев колес должны быть в пределах [13...99]. По подобранным

числам зубьев определить фактическое значение передаточного отношения i_{AB}^{ϕ} и фактическую частоту вращения выходного вала редуктора $n_B^{\phi} = n_{\text{Э}} / i_{AB}^{\phi}$ (отклонение полученной величины n_B^{ϕ} от требуемой n_B не должно превышать 2%).

1.5. Выполнить кинематический расчет редуктора, используя выбранную в п. 1.3 частоту вращения $n_{\text{Э}}$ вала электродвигателя и подобранные в п. 1.4 числа зубьев колес; для всех звеньев рассчитать частоту абсолютного вращения, а для звеньев, образующих вращательные пары, рассчитать также частоту относительного вращения.

Рассчитать соответствующие найденным частотам вращения угловые скорости.

При кинематическом расчете рычажного механизма угловую скорость вала кривошипа ω_{OA} считать равной по модулю найденной здесь величине $|\omega_B^{\phi}|$.

1.6. Исследовать геометрию указанной в задании зубчатой пары внешнего зацепления.

- Выбрать коэффициенты смещения для колес исследуемой пары, обеспечивая получение передачи с заданными свойствами **при целочисленном значении межосевого расстояния**.

- Произвести геометрический расчет пары; диаметры вершин колес округлить с точностью до 0.10 мм. Проверить правильность расчета на компьютере с помощью контролирующей программы.

- Выполнить проверку геометрических показателей качества зацепления.

- Рассчитать измерительные размеры.

- Получить на экране компьютера с помощью сервисно-контролирующей программы <Picture> анимированную картину зацепления; сохранить ее в каком-либо выбранном положении колес в виде графического файла и обозначить на этой картине все необходимые размеры, включая измерительные.

1.7. Исследовать энергетические и силовые соотношения для редуктора.

- Рассчитать значение момента полезного сопротивления T_B на выходном валу редуктора, приняв его равным среднему значению движущего момента T_d на валу кривошипа рычажного механизма; в общем случае для его расчета можно использовать соотношение

$$T_d = T_{\text{пс}} (\psi_{\text{раб}}^{\circ} / 360^{\circ}) + Q_{\text{пс}} (H_{\text{раб}} / (2\pi));$$

здесь $\psi_{\text{раб}}^{\circ}$ – угол (в градусах) качания звена рычажного механизма, нагруженного моментом $T_{\text{пс}}$ полезного сопротивления, Н·м; $H_{\text{раб}}$ – ход звена (в метрах), нагруженного силой $Q_{\text{пс}}$, Н; если механизм преодолевает только момент $T_{\text{пс}}$ (или только силу $Q_{\text{пс}}$), то в этой формуле будет отсутствовать второе (соответственно, первое) слагаемое; любое слагаемое может повторяться, если у механизма не менее двух рабочих звеньев с однотипной нагрузкой.

- Составить все необходимые уравнения равновесия и баланса мощностей с учетом потерь на трение в кинематических парах.

- Вывести расчетные формулы и рассчитать значения всех вращающих моментов с учетом трения; если значения КПД кинематических пар в задании не оговорены, руководствоваться величинами: $\eta_{\text{в}} = 0.99$ – для вращательной пары, $\eta_{\text{з}} = 0.98$ – для зацепления цилиндрическими колесами (как внешнего, так и внутреннего); определить КПД редуктора η_{AB} .

По тем же расчетным формулам определить значения вращающих моментов без учета трения и убедиться, что в этом случае $\eta_{AB} = 1.0$. Для редукторов, выполненных по замкнутой схеме, установить характер распределения мощностей по ветвям кинематической цепи редуктора и установить наличие (или отсутствие) замкнутой мощности.

- Рассчитать величины окружных сил F_t в зацеплении; при этом одну из величин – T_B или T_A (найденную без учета трения), считать заданной, а другую – проверить по результатам расчета усилий.

Примечание – Исходные данные для этой части задания кодируются в виде набора символов; например

09 - 0.50 - 5.0 - z_5z_6 - 3;

здесь **09** – номер кинематической схемы редуктора (таблица 1.1);

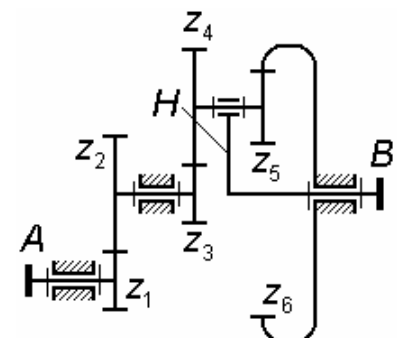
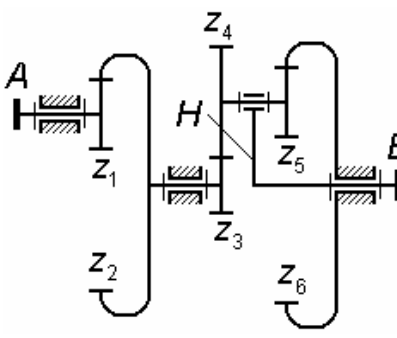
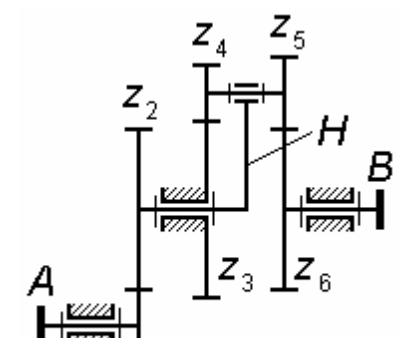
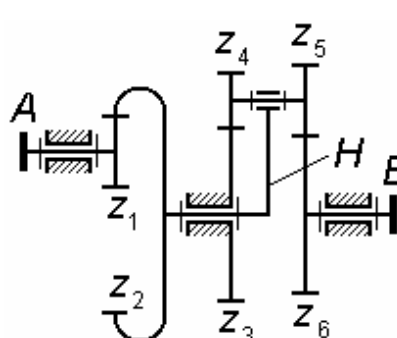
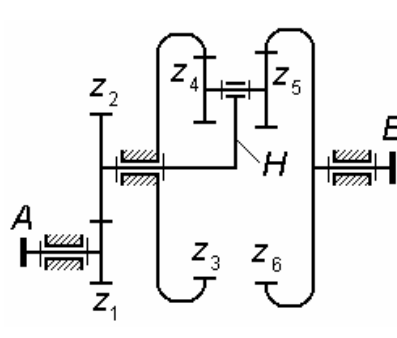
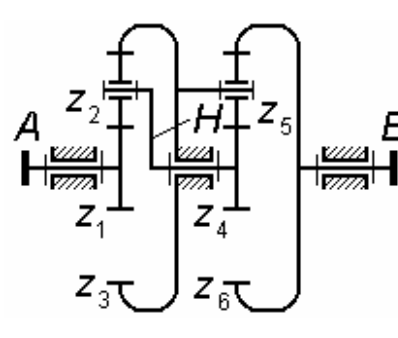
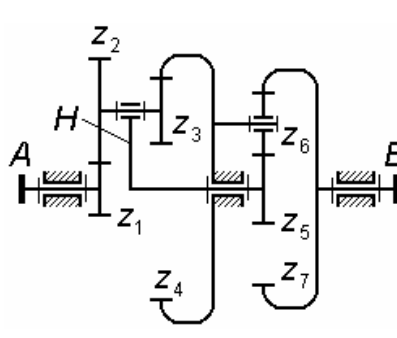
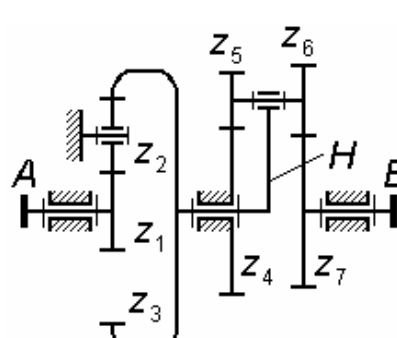
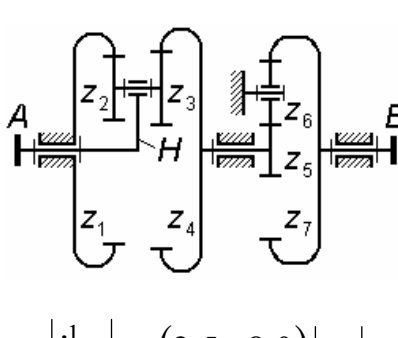
0.50 – продолжительность в секундах рабочего цикла агрегата $t_{\text{ц}}$ (задает консультант);

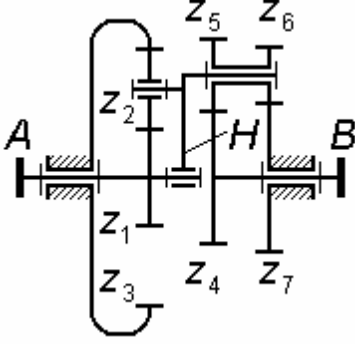
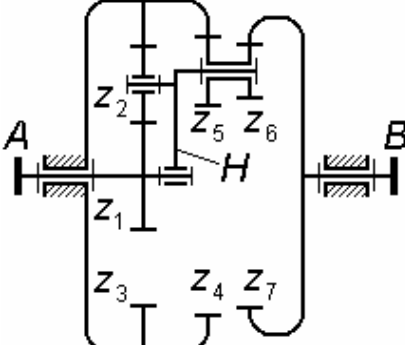
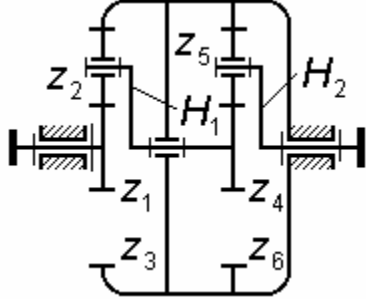
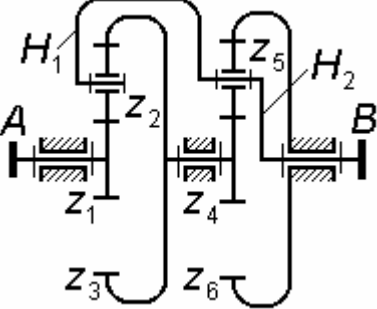
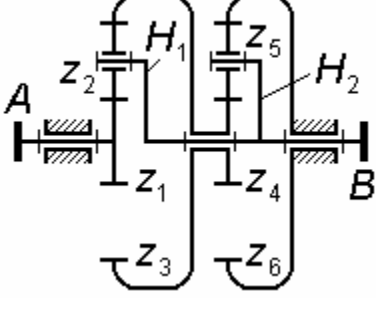
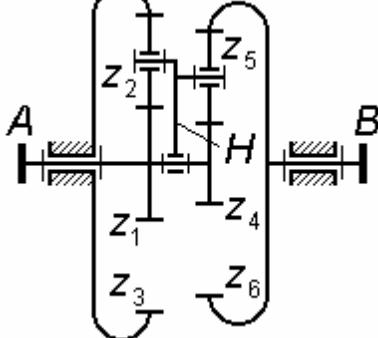
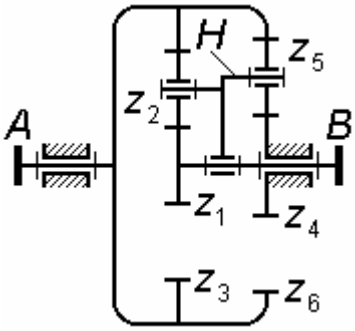
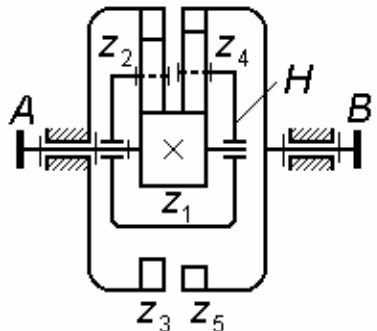
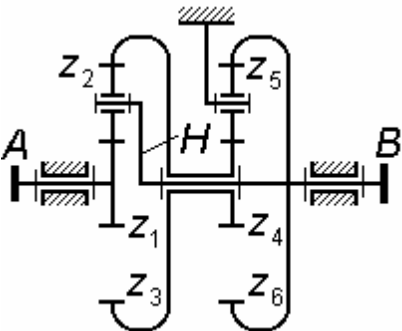
5.0 – модуль m зубчатых передач редуктора, мм.

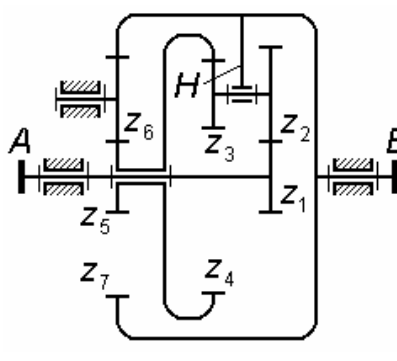
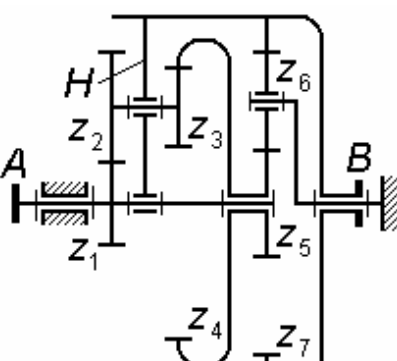
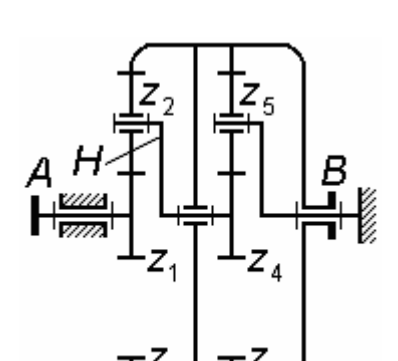
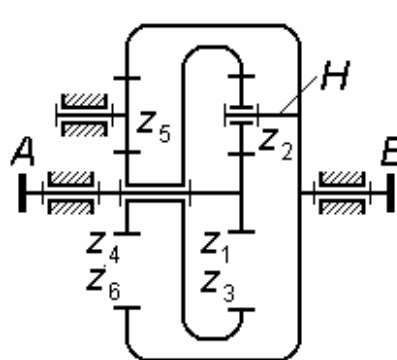
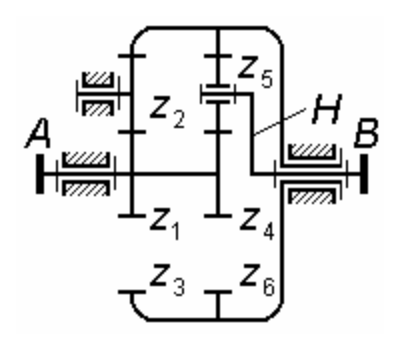
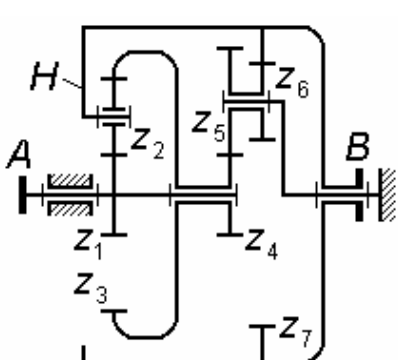
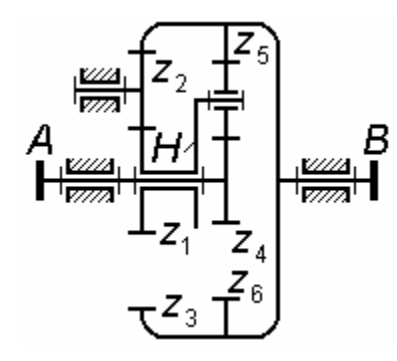
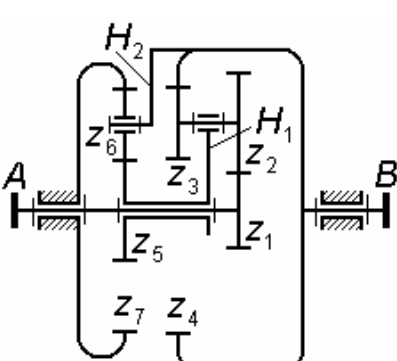
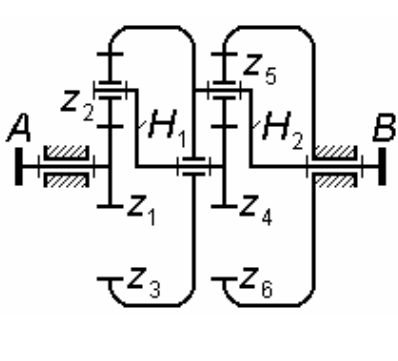
z_5z_6 – обозначение проектируемой зубчатой пары внешнего зацепления;

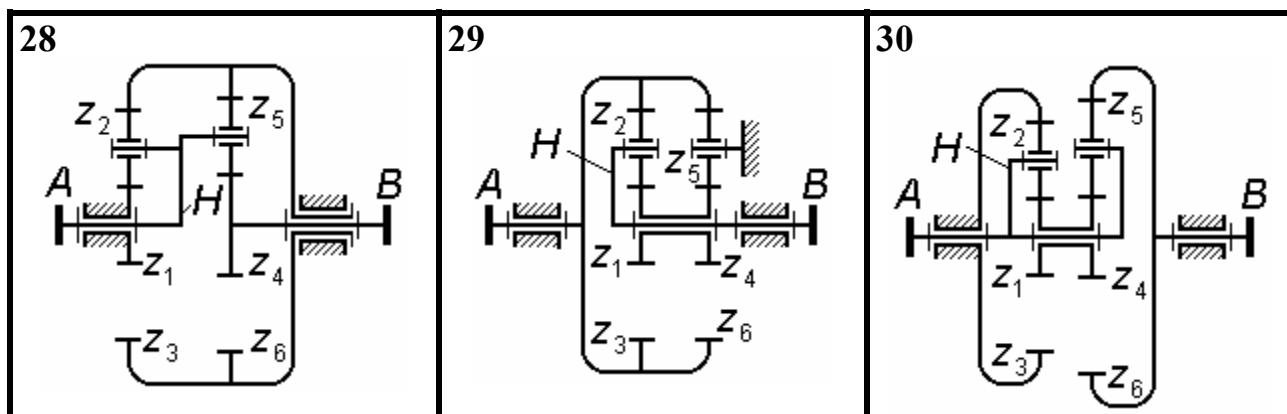
3 – номер условия проектирования пары (таблица 1.3).

Кинематические схемы редукторов

<p>01</p>  <p>$z_3 = z_5;$</p> <p>$i_{3H}^6 = (4.0...5.0) i_{12}$</p>	<p>02</p>  <p>$z_3 = z_5;$</p> <p>$i_{3H}^6 = (3.5...4.5)i_{12}$</p>	<p>03</p>  <p>$i_{H6}^3 = (3.0...10.0) i_{12}$</p>
<p>04</p>  <p>$i_{H6}^3 = (2.5...10.0)i_{12}$</p>	<p>05</p>  <p>$i_{H6}^3 = (3.0...10.0) i_{12}$</p>	<p>06</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>
<p>07</p>  <p>$z_1 = z_3;$</p> <p>$i_{1H}^4 = (1.5...2.5) i_{57}$</p>	<p>08</p>  <p>$i_{H7}^4 = (2.5...8.0) i_{13}$</p>	<p>09</p>  <p>$i_{H4}^1 = (2.5...8.0) i_{57}$</p>

<p>10</p>  <p>$i_{H4}^7 = (2.0 \dots 5.0) i_{1H}^3$</p>	<p>11</p>  <p>$i_{H7}^4 = (2.5 \dots 5.0) i_{1H}^3$</p>	<p>12</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>
<p>13</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>	<p>14</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>	<p>15</p> 
<p>16</p> 	<p>17</p> 	<p>18</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>

<p>19</p>  <p>$z_1 = z_3;$ $i_{14}^H = (2.0 \dots 3.0) i_{57}$</p>	<p>20</p>  <p>$z_1 = z_3;$ $i_{14}^H = (2.0 \dots 3.0) i_{57}$</p>	<p>21</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>
<p>22</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>	<p>23</p> 	<p>24</p>  <p>$z_4 = z_6;$ $i_{47} = (2.0 \dots 3.0) i_{13}^H$</p>
<p>25</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>	<p>26</p>  <p>$z_1 = z_3;$ $i_{14}^{H_1} = (1.5 \dots 2.5) i_{57}^{H_2}$</p>	<p>27</p>  <p>$z_1 = z_4; z_2 = z_5; z_3 = z_6.$</p>



Т а б л и ц а 1.2

Частоты вращения валов электродвигателей, об/мин

Синхронная частота вращения, n_s , об/мин	Частота вращения n_{Σ} вала электродвигателя, об/мин					
	750	670	675	680	700	720
1000	900	910	915	920	935	950
	955	965	970	975		
1500	1390	1415	1420	1425	1430	1435
	1445	1455	1460			
3000	2810	2840	2850	2880	2900	2940
	2945	2950				

Т а б л и ц а 1.3

Условия проектирования зубчатой пары

№№	Условие
1	Наибольшая изгибная прочность передачи.
2	Наибольшая контактная прочность передачи.
3	Наибольшая износостойкость передачи.
4	Наибольшая плавность зацепления пары.
5	Наибольшие диаметральные размеры шестерни.
6	Наибольшие диаметральные размеры колеса.
7	Наименьшие диаметральные размеры шестерни.
8	Наименьшие диаметральные размеры колеса.

2. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА

Для исследуемого рычажного механизма заданы:

- кинематическая схема;
- закон движения входного звена 1 (кривошипа OA);

входное звено вращается равномерно в направлении, указанном круговой стрелкой на схеме рычажного механизма, с угловой скоростью $\omega_1 = \left| \dot{\varphi}_B \right|$, найденной в пункте 1.5 при кинематическом анализе редуктора;

- длины звеньев и другие их геометрические параметры;
- массы и моменты инерции звеньев;
- силы и (или) моменты полезного сопротивления.

Методика выполнения работы

2.1. Произвести кинематический анализ механизма

2.1.1. Проанализировать структуру и кинематику механизма, используя компьютерную среду САМАС («Система кинематического анализа механизмов, подчиняющихся классификации Л.В.Ассура»).

- Подобрать незаданные размеры звеньев.

• Составить структурную модель заданного механизма; предусмотреть включение в состав модели всех обозначенных на схеме точек (в том числе центров масс звеньев).

• Изучить визуально характер движения механизма в пределах полного цикла и определить положение входного звена, соответствующее началу рабочего хода механизма (найти угловую координату кривошипа $\varphi_{нрх}$ с точностью не грубее $\pm 2^\circ$). Найти величины рабочих ходов звеньев, нагруженных силами $Q_{пс}$ и (или) моментами $T_{пс}$ полезного сопротивления.

• Определить параметры движения всех звеньев механизма и указанных на схеме точек; анализ произвести для положения механизма из фазы его рабочего хода (угловую координату φ_1 входного звена для исследуемого положения задает консультант; этот угол отсчитывается против часовой стрелки от положительного направления оси абсцисс).

• Сформировать файл выходных данных для заданного положения механизма, отредактировать его и распечатать.

2.1.2. Проанализировать кинематику механизма для заданного положения методом планов скоростей и ускорений.

Результаты сравнить с найденными в среде САМАС; допускаются расхождения, не превышающие: 3% – для скоростей, 5% – для ускорений.

2.2. Произвести силовой анализ механизма.

2.2.1. Для заданного положения механизма выполнить его силовой расчет методом планов сил.

- Используя результаты, полученные в п. 2.1.2, определить инерционные силы и моменты; найти реакции во всех кинематических парах механизма и также величину уравновешивающего момента T_y^{Π} , который необходимо приложить к входному звену, чтобы обеспечить его движение по заданному закону.

- Определить приближенно величину потерь мощности $P_{тр}$ на преодоление трения в кинематических парах для исследуемого положения механизма.

- Определить величину уравновешивающего момента $T_y^{\text{Ж}}$ методом рычага Н.Е.Жуковского.

2.2.2. На основе принципа возможных (виртуальных) перемещений составить уравнение баланса мгновенных мощностей всех внешних сил и моментов в аналитической форме с использованием параметров движения звеньев и их центров масс, полученных посредством компьютерной среды САМАС; решить это уравнение с помощью программы <Torsion> и найти уравновешивающий момент $T_y^{\text{В}}$.

Допустимые отличия $T_y^{\text{Ж}}$ от $T_y^{\text{В}}$ – не более 5%, T_y^{Π} от $T_y^{\text{В}}$ – не более 8%.

2.2.3. Найти среднее за цикл значение движущего момента, используя величины ходов рабочих звеньев, найденные в п. 2.1.1 и определить приближенно мгновенное значение КПД механизма.

Примечание – Исходные данные для этой части задания кодируются в виде набора символов; например

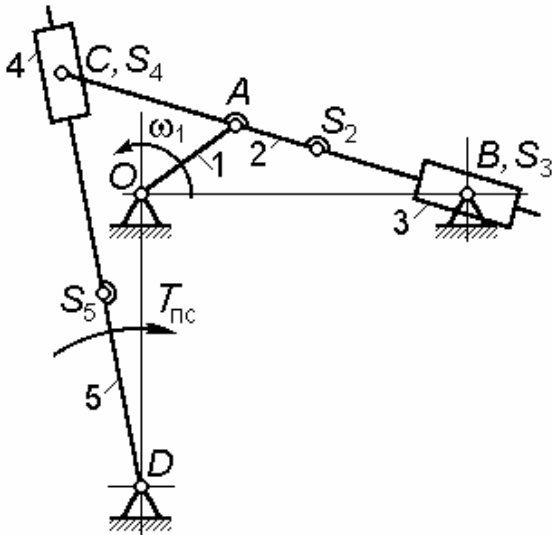
12 - 4 - 60;

здесь **12** – номер кинематической схемы рычажного механизма;

4 – номер числового варианта;

60 – угловая координата (в градусах) входного звена механизма для исследуемого положения.

Кинематическая схема № 01



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

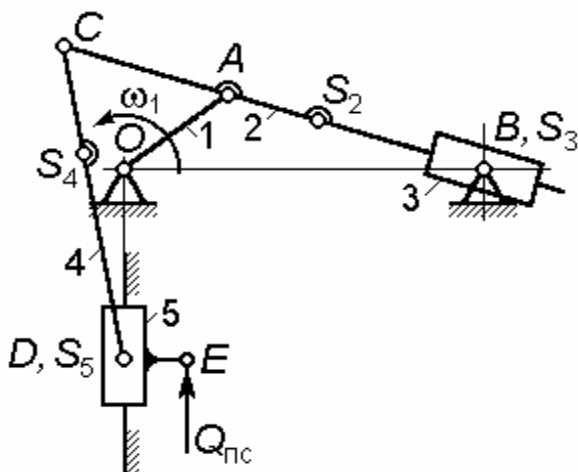
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 12 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 15 m_3;$$

$$J_{s_2} = 12 J_{s_3}; \quad J_{s_4} = J_{s_3}; \quad J_{s_5} = 15 J_{s_3}.$$

№	Размеры звеньев, м						$T_{\text{пс}}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	$m_3, \text{ кг}$	$J_{s_3}, \text{ Г}\cdot\text{м}^2$
	OA	OB	AS ₂	AC	OD	DS ₅			
0	0.350	1.000	0.400	0.450	1.150	0.650	500	9.00	0.50
1	0.400	1.100	0.500	0.500	1.250	0.800	450	10.00	0.45
2	0.380	1.050	0.450	0.450	1.200	0.700	600	11.00	0.40
3	0.500	1.350	0.550	0.400	1.500	0.850	550	10.00	0.45
4	0.350	0.950	0.400	0.350	1.000	0.600	500	9.00	0.50

Кинематическая схема № 02



$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

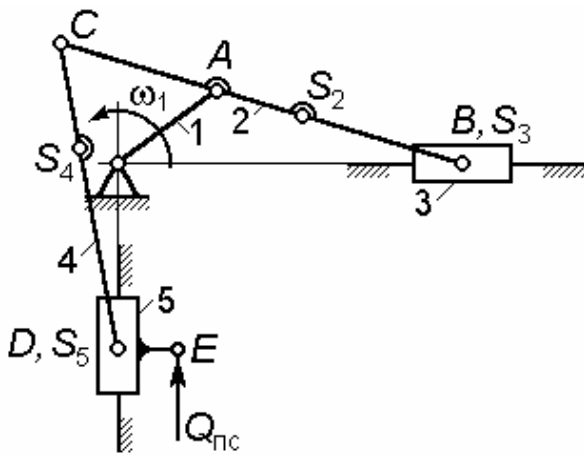
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 12 m_3; \quad m_4 = 10 m_3; \quad m_5 = m_3;$$

$$J_{s_2} = 12 J_{s_3}; \quad J_{s_4} = 15 J_{s_3}.$$

№	Размеры звеньев, м							$Q_{\text{пс}}, \text{ Н}$	$m_3, \text{ кг}$	$J_{s_3}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2$
	OA	OB	AS ₂	AC	CD	CS ₄	DE			
0	0.350	1.050	0.300	0.450	1.400	0.450	0.040	5000	12.00	0.50
1	0.400	1.200	0.350	0.500	1.600	0.500	0.045	4500	10.00	0.45
2	0.450	1.350	0.400	0.350	1.400	0.450	0.050	6000	11.00	0.40
3	0.500	1.500	0.450	0.400	1.600	0.550	0.040	5500	10.00	0.45
4	0.350	1.050	0.300	0.350	1.250	0.400	0.045	5000	12.00	0.50

Кинематическая схема № 03



$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

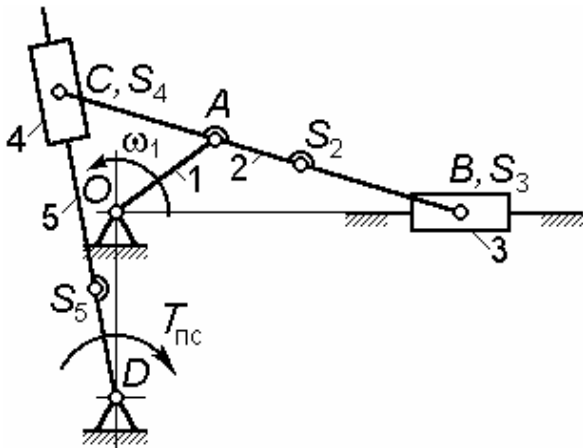
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 12 m_3; \quad m_4 = 10 m_3; \quad m_5 = m_3;$$

$$J_{S_4} = J_{S_2}.$$

№	Размеры звеньев, м							$Q_{\text{пс}},$ Н	$m_3,$ кг	$J_{S_2},$ кг·м ²
	OA	AB	AS ₂	AC	CD	CS ₄	DE			
0	0.350	1.100	0.350	0.450	1.400	0.550	0.040	5000	12.0	3.50
1	0.400	1.250	0.350	0.500	1.600	0.600	0.045	4500	10.0	2.45
2	0.450	1.400	0.400	0.350	1.400	0.550	0.050	6000	11.0	3.40
3	0.500	1.550	0.500	0.400	1.600	0.600	0.040	5500	10.0	2.45
4	0.350	1.100	0.300	0.350	1.250	0.450	0.045	5000	12.0	3.50

Кинематическая схема № 04



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

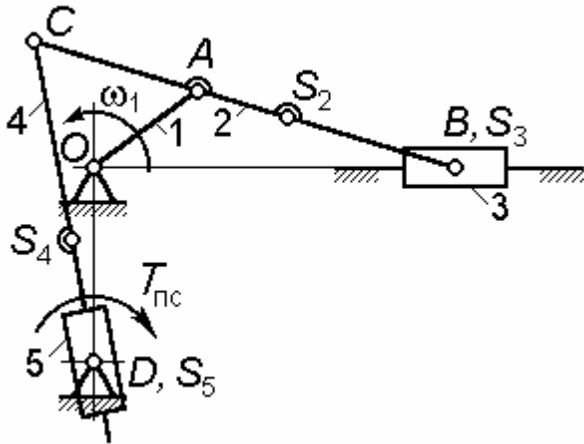
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 12 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 10 m_3;$$

$$J_{S_2} = 12 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = J_{S_2}.$$

№	Размеры звеньев, м						$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	AB	AS ₂	AC	OD	DS ₅			
0	0.350	1.050	0.300	0.450	1.150	0.650	500	12.00	0.50
1	0.400	1.200	0.350	0.500	1.300	0.700	450	10.00	0.45
2	0.450	1.350	0.400	0.350	1.400	0.800	600	11.00	0.40
3	0.500	1.500	0.450	0.400	1.500	0.800	550	10.00	0.45
4	0.350	1.050	0.300	0.350	1.050	0.650	500	12.00	0.50

Кинематическая схема № 05



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода звена 5).

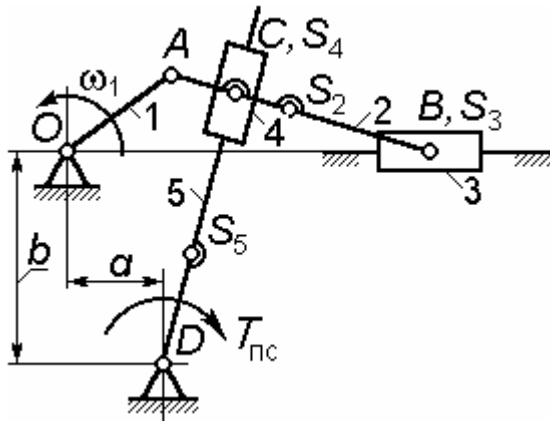
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 12 m_3; \quad m_4 = 10 m_3; \quad m_5 = m_3;$$

$$J_{S_2} = 12 J_{S_5}; \quad J_{S_4} = J_{S_2}.$$

№	Размеры звеньев, м						$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_5},$ кг·м ²
	OA	AB	AS ₂	AC	OD	CS ₄			
0	0.350	1.050	0.300	0.450	1.150	1.050	500	12.00	0.50
1	0.400	1.200	0.350	0.500	1.300	1.150	650	10.00	0.45
2	0.450	1.350	0.400	0.350	1.400	1.200	600	11.00	0.40
3	0.500	1.500	0.450	0.400	1.500	1.250	550	10.00	0.45
4	0.350	1.050	0.300	0.350	1.050	0.900	500	12.00	0.50

Кинематическая схема № 06



$T_{\text{пс}}$ - момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

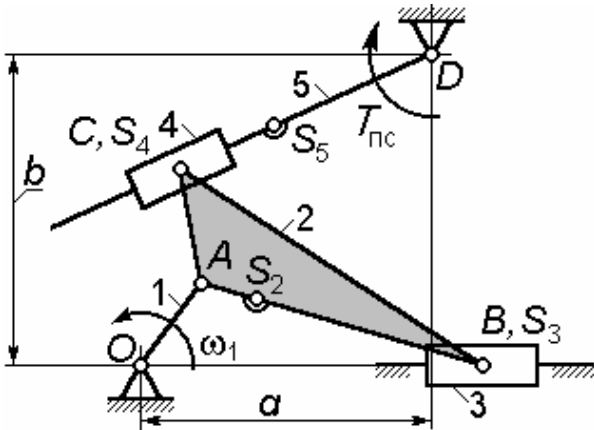
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 12 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 10 m_3;$$

$$J_{S_2} = 12 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = J_{S_2}.$$

№	Размеры звеньев, м							$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	AB	AS ₂	AC	a	b	DS ₅			
0	0.350	1.050	0.450	0.300	0.320	1.100	0.550	550	12.00	0.50
1	0.400	1.200	0.500	0.350	0.360	1.250	0.600	500	10.00	0.45
2	0.450	1.350	0.600	0.500	0.550	1.350	0.650	600	11.00	0.40
3	0.500	1.500	0.650	0.550	0.500	1.450	0.650	650	10.00	0.45
4	0.350	1.050	0.450	0.400	0.450	1.000	0.500	600	12.00	0.50

Кинематическая схема № 07



$$AS_2 = (0.20 \dots 0.25) AB.$$

$T_{\text{пс}}$ - МОМЕНТ ПОЛЕЗНОГО
сопротивления (действует только
во время рабочего хода кулисы 5).

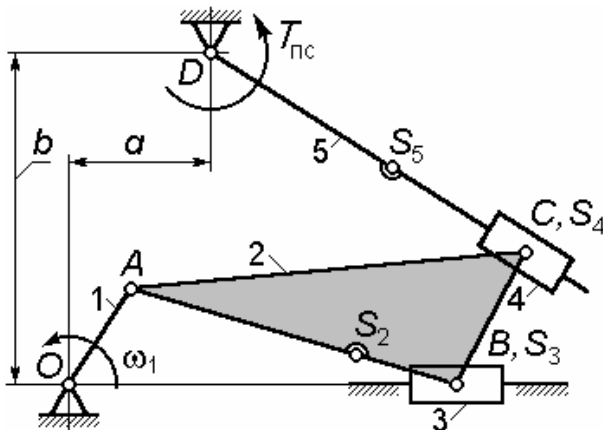
**Соотношения для масс и
моментов инерции звеньев:**

$$m_2 = 20 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 10 m_3;$$

$$J_{S_2} = 15 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = J_{S_2} / 1.50.$$

№	Размеры звеньев, м						$\angle BAC$	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	AC	AB	a	b	DS ₅				
0	0.350	0.300	1.050	0.700	0.950	0.600	125°	550	12.00	0.50
1	0.400	0.350	1.200	0.750	1.100	0.650	120°	500	10.00	0.45
2	0.450	0.500	1.350	0.800	1.300	0.750	115°	600	11.00	0.40
3	0.500	0.550	1.500	0.800	1.400	0.800	125°	650	10.00	0.45
4	0.350	0.400	1.100	0.550	1.000	0.600	120°	600	12.00	0.50

Кинематическая схема № 08



$$BS_2 = (0.25 \dots 0.30) AB$$

$T_{\text{пс}}$ - МОМЕНТ ПОЛЕЗНОГО
сопротивления (действует только
во время рабочего хода кулисы 5).

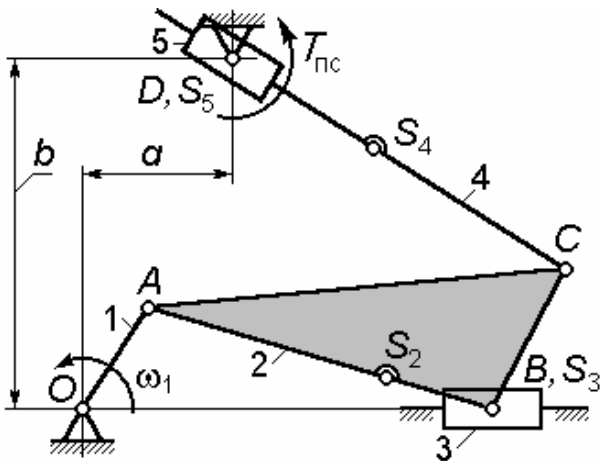
**Соотношения для масс и
моментов инерции звеньев:**

$$m_2 = 20 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 10 m_3;$$

$$J_{S_2} = 15 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = J_{S_2} / 1.50.$$

№	Размеры звеньев, м						$\angle ABC$	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	AB	BC	a	b	DS ₅				
0	0.350	1.100	0.300	0.750	1.300	0.500	90°	550	12.00	0.35
1	0.400	1.250	0.350	0.900	1.450	0.550	95°	500	10.00	0.45
2	0.450	1.350	0.500	0.950	1.700	0.600	100°	600	11.00	0.40
3	0.500	1.550	0.550	1.200	1.850	0.700	105°	650	10.00	0.45
4	0.350	1.100	0.400	0.900	1.300	0.500	110°	600	12.00	0.40

Кинематическая схема № 09



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода звена 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

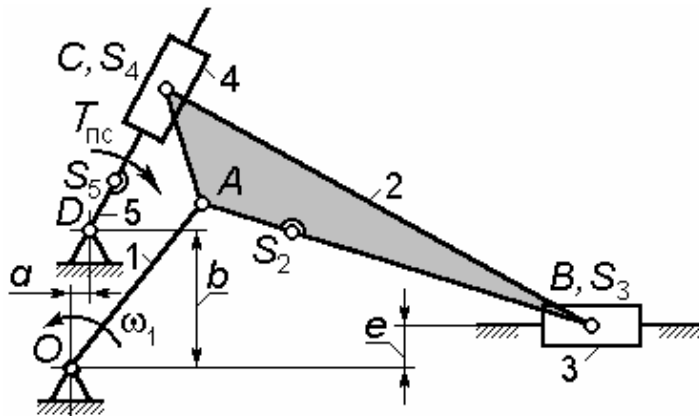
$$m_2 = 20 m_3; \quad m_5 = m_3; \quad m_4 = 10 m_3;$$

$$J_{S_2} = 15 J_{S_5}; \quad J_{S_4} = J_{S_2} / 1.50.$$

$$BS_2 = (0.25 \dots 0.30) AB.$$

№	Размеры звеньев, м						$\angle ABC$	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_5},$ кг·м ²
	OA	AB	BC	a	b	CS ₄				
0	0.350	1.100	0.300	0.750	1.350	0.500	90°	550	12.00	0.35
1	0.400	1.250	0.350	0.900	1.500	0.550	95°	500	10.00	0.45
2	0.450	1.350	0.500	1.000	1.700	0.600	100°	600	11.00	0.40
3	0.500	1.500	0.550	1.100	1.850	0.650	105°	650	10.00	0.45
4	0.350	1.150	0.400	0.850	1.300	0.450	110°	600	12.00	0.40

Кинематическая схема № 10



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления.

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 20 m_3; \quad m_4 = m_3;$$

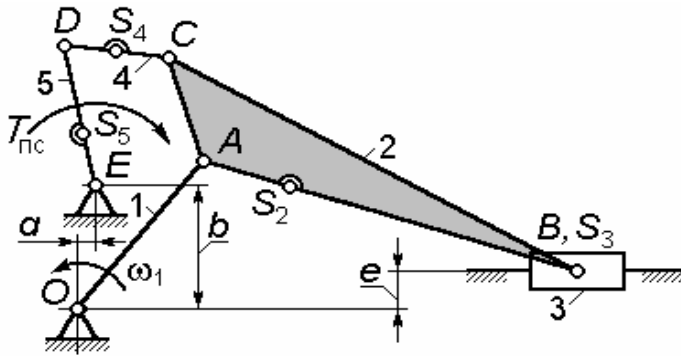
$$m_5 = 8 m_3;$$

$$J_{S_2} = 15 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = J_{S_2} / 1.50.$$

$$AS_2 = (0.25 \dots 0.30) AB.$$

№	Размеры звеньев, м							$\angle BAC$	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	AB	e	AC	a	b	DS ₅				
0	0.50	1.60	0.06	0.35	-0.160	0.295	0.25	115°	500	9.00	0.30
1	0.40	1.35	-0.08	0.35	-0.185	0.285	0.20	125°	450	10.00	0.25
2	0.40	1.30	0.06	0.45	-0.210	0.380	0.20	115°	450	11.00	0.35
3	0.50	1.55	-0.08	0.40	-0.210	0.320	0.25	125°	400	12.00	0.25
4	0.40	1.35	0.07	0.50	-0.235	0.420	0.20	115°	500	13.00	0.30

Кинематическая схема № 11



$$AS_2 = (0.25 \dots 0.35) AB;$$

$$DS_4 = (0.4 \dots 0.5) DC;$$

$$ES_5 = (0.35 \dots 0.45) DE.$$

$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления.

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

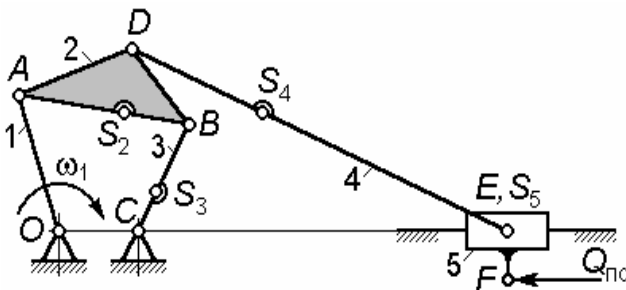
$$m_2 = 15 m_3; \quad m_4 = 5 m_3;$$

$$m_5 = 6 m_3;$$

$$J_{S_2} = 5 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = 3 J_{S_4}.$$

№	Размеры звеньев, м								$\angle BAC$	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	e	AB	AC	a	b	CD	DE				
0	0.350	0.05	1.00	0.45	-0.175	0.390	0.280	0.280	110°	500	9.0	0.40
1	0.450	-0.07	1.30	0.35	-0.160	0.295	0.345	0.345	120°	450	10.0	0.55
2	0.350	0.05	1.10	0.35	-0.135	0.305	0.270	0.270	110°	450	11.0	0.45
3	0.400	-0.06	1.25	0.35	-0.185	0.280	0.310	0.310	125°	400	12.0	0.40
4	0.500	0.06	1.45	0.40	-0.185	0.335	0.385	0.385	115°	500	13.0	0.45

Кинематическая схема № 12



$$CS_3 = (0.40 \dots 0.45) CB; \quad EF = 0.05 \text{ м.}$$

$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 8 m_5; \quad m_3 = 6 m_5;$$

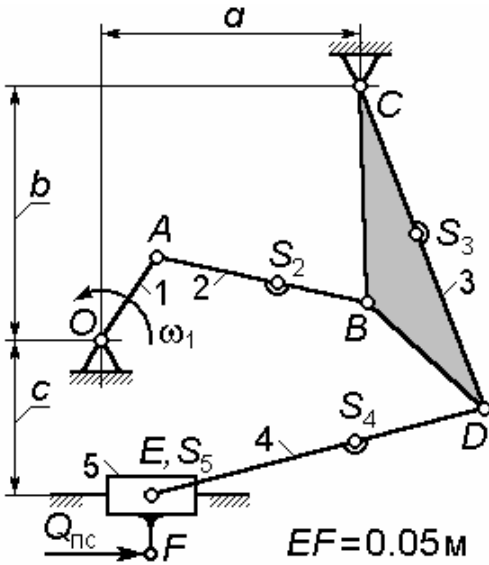
$$m_4 = 12 m_5;$$

$$J_{S_2} = (1.00 \dots 1.20) J_{S_3};$$

$$J_{S_4} = (1.45 \dots 1.60) J_{S_3}.$$

№	Размеры звеньев, м								$\angle ABD$	$Q_{\text{пс}},$ Н	$m_5,$ кг	$J_{S_3},$ кг·м ²
	OA	OC	AB	BS ₂	BD	BC	DE	DS ₄				
0	0.850	0.300	0.690	0.200	0.415	0.580	1.500	0.600	40°	4500	9.0	0.90
1	0.800	0.280	0.660	0.200	0.430	0.535	1.450	0.550	45°	4000	10.0	0.95
2	0.850	0.300	0.690	0.200	0.485	0.580	1.650	0.650	50°	5000	9.0	0.85
3	0.900	0.320	0.720	0.200	0.430	0.625	1.550	0.600	40°	5500	10.0	0.90
4	0.750	0.260	0.625	0.200	0.405	0.490	1.350	0.600	45°	4000	12.0	0.95

Кинематическая схема № 13



$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 8 m_5; \quad m_3 = 12 m_5; \quad m_4 = 8 m_5;$$

$$J_{S_3} = (1.75 \dots 2.00) J_{S_2};$$

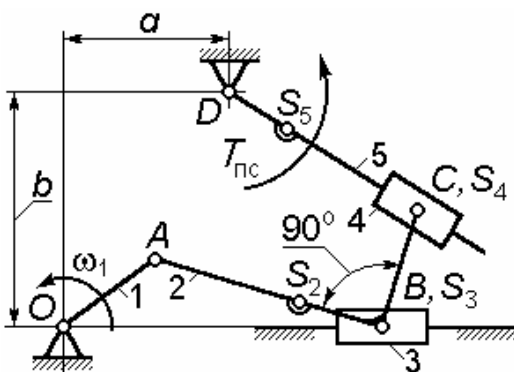
$$J_{S_4} = (0.90 \dots 1.20) J_{S_2}.$$

Центры масс звеньев разместить согласно соотношениям:

$$BS_2 = (0.25 \dots 0.40) AB; \quad CS_3 = (0.70 \dots 0.75) CB; \quad DS_4 = (0.35 \dots 0.45) DE.$$

№	Размеры звеньев, м								$\angle CBD$	$Q_{\text{пс}},$ Н	$m_5,$ кг	$J_{S_2},$ кг·м ²
	a	b	c	OA	AB	BC	BD	DE				
0	1.050	0.850	0.350	0.355	1.066	0.902	0.600	1.250	120°	4500	9.0	0.90
1	1.000	0.650	0.400	0.315	0.930	0.810	0.550	0.650	125°	4000	10.0	0.95
2	0.950	0.700	0.450	0.310	0.932	0.787	0.550	1.350	120°	5000	9.0	0.85
3	0.900	0.750	0.350	0.310	0.909	0.802	0.500	1.050	125°	5500	10.0	0.90
4	0.950	0.800	0.400	0.330	0.950	0.866	0.550	0.950	130°	4000	12.0	0.95

Кинематическая схема № 14



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

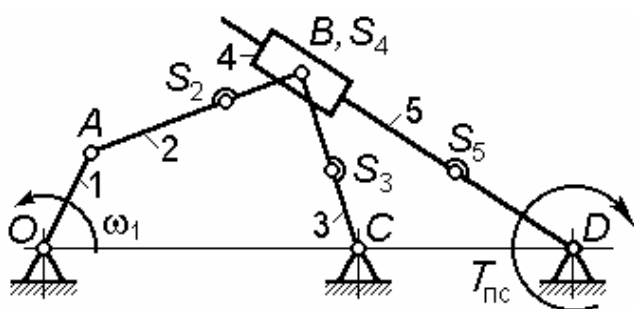
$$m_2 = 12 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 10 m_3;$$

$$J_{S_2} = 12 J_{S_4};$$

$$J_{S_5} = 8 J_{S_4}.$$

№	Размеры звеньев, м							$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	AB	AS_2	BC	a	b	DS_5			
0	0.350	1.150	0.850	0.450	0.800	1.200	0.450	500	9.00	0.30
1	0.400	1.350	0.950	0.500	0.950	1.350	0.500	450	10.00	0.35
2	0.450	1.500	1.000	0.350	1.050	1.200	0.550	400	12.00	0.40
3	0.500	1.550	1.100	0.400	1.050	1.700	0.700	500	13.00	0.35
4	0.350	1.200	0.900	0.350	0.850	1.250	0.450	450	12.00	0.30

Кинематическая схема № 15



$$AS_2 = (0.55 \dots 0.60) AB.$$

$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

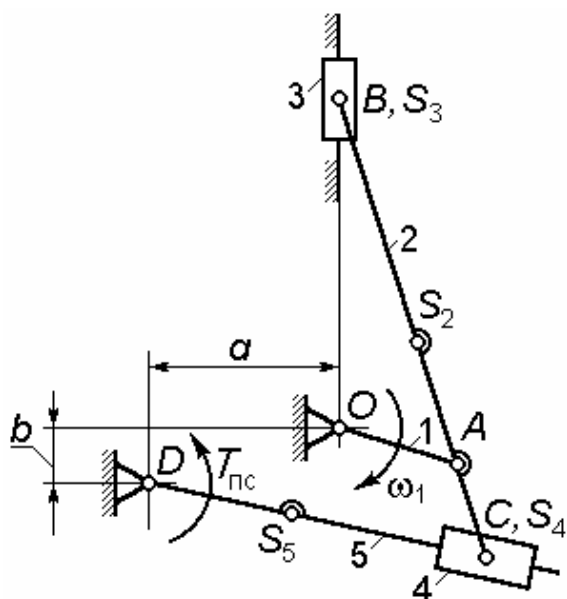
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 9 m_4; \quad m_3 = 12 m_4; \quad m_5 = m_3;$$

$$J_{S_2} = 8 J_{S_4}; \quad J_{S_3} = 10 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = J_{S_3}.$$

№	Размеры звеньев, м							$T_{\text{пс}}$, Н·м	m_4 , кг	J_{S_4} , кг·м ²
	OA	OC	AB	BC	CS3	CD	DS5			
0	0.350	1.325	0.901	1.033	0.450	0.400	0.600	500	9.00	0.30
1	0.400	1.500	1.071	1.123	0.450	0.450	0.650	450	10.00	0.35
2	0.450	1.700	1.165	1.317	0.450	0.500	0.750	400	12.00	0.40
3	0.500	1.900	1.275	1.495	0.600	0.550	0.850	500	13.00	0.35
4	0.500	1.900	1.275	1.495	0.650	0.600	0.850	450	12.00	0.30

Кинематическая схема № 16



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

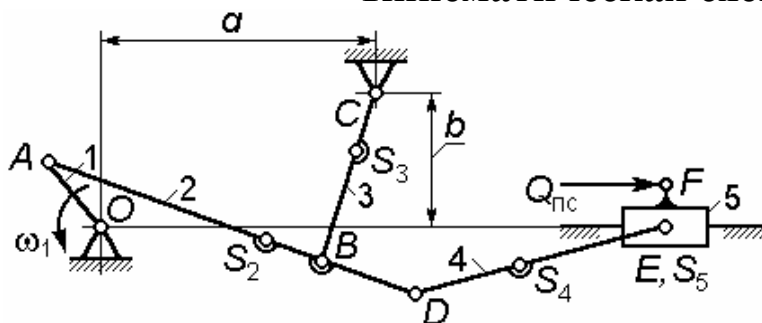
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 10 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 12 m_3;$$

$$J_{S_2} = 12 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = 10 J_{S_4}.$$

№	Размеры звеньев, м							$T_{\text{пс}}$, Н·м	m_3 , кг	J_{S_4} , кг·м ²
	OA	AB	AS ₂	AC	a	b	DS ₅			
0	0.350	1.100	0.400	0.450	1.050	0.550	0.650	500	9.00	0.40
1	0.400	1.200	0.450	0.400	1.250	0.500	0.750	450	10.00	0.45
2	0.450	1.400	0.500	0.350	1.400	0.450	0.850	600	11.00	0.40
3	0.500	1.550	0.600	0.400	1.650	0.500	1.000	550	10.00	0.45
4	0.350	1.050	0.400	0.350	1.250	0.450	0.750	500	12.00	0.50

Кинематическая схема № 17



$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

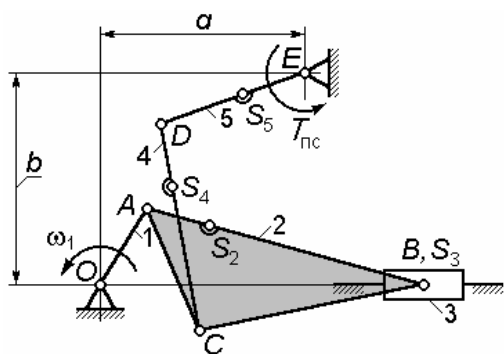
$$CS_3 = (0.40 \dots 0.45)BC; \quad EF = 0.05 \text{ м.}$$

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 12 m_5; \quad m_3 = 6 m_5; \quad m_4 = 5 m_5; \quad J_{S_2} = 2 J_{S_3}; \quad J_{S_4} = J_{S_3}.$$

№	Размеры звеньев, м									$Q_{\text{пс}},$ Н	$m_5,$ кг	$J_{S_3},$ кг·м ²
	OA	a	b	AB	AS ₂	BD	BC	DE	DS ₄			
0	0.35	0.950	0.600	0.930	0.600	0.300	0.662	0.500	0.200	5000	9.0	2.40
1	0.40	1.100	0.650	1.053	0.700	0.350	0.760	0.650	0.270	4500	10.0	2.45
2	0.45	1.050	0.600	0.956	0.700	0.400	0.809	1.100	0.450	6000	11.0	3.40
3	0.50	1.100	0.650	1.098	0.750	0.450	0.764	0.850	0.350	5500	10.0	2.45
4	0.35	1.050	0.600	1.047	0.650	0.300	0.633	0.350	0.150	5000	12.0	2.50

Кинематическая схема № 18



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода коромысла 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 12 m_3; \quad m_4 = 6 m_3; \quad m_5 = 4 m_3;$$

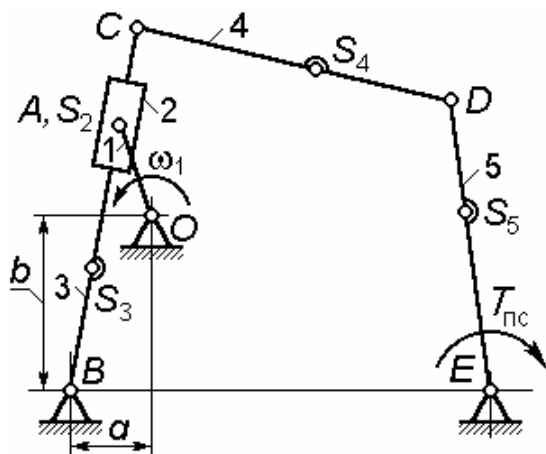
$$J_{S_2} = 3 J_{S_5}; \quad J_{S_4} = 1.50 J_{S_5}.$$

Центры масс звеньев разместить согласно соотношениям:

$$AS_2 = (0.35 \dots 0.40)AB; \quad DS_4 = (0.40 \dots 0.50)CD; \quad ES_5 = (0.35 \dots 0.45)DE.$$

№	Размеры звеньев, м							$\angle BAC$	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_5},$ кг·м ²
	OA	AB	AC	a	b	CD	DE				
0	0.350	1.100	0.400	1.050	0.650	1.131	0.470	45°	450	9.0	1.20
1	0.400	1.150	0.450	1.100	0.750	0.519	1.278	50°	400	8.0	0.90
2	0.450	1.400	0.500	1.150	0.800	1.377	0.606	55°	500	8.0	1.00
3	0.500	1.500	0.550	1.200	0.900	0.654	1.401	45°	550	10.0	1.10
4	0.350	1.050	0.400	1.050	0.700	1.211	0.458	50°	400	12.0	1.20

Кинематическая схема № 19



$$CS_4 = (0.40 \dots 0.45) CD;$$

$$ES_5 = (0.55 \dots 0.60) DE.$$

$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода коромысла 5).

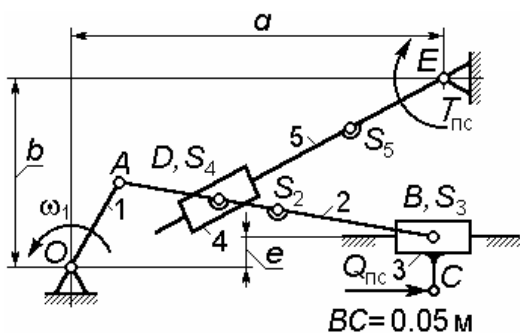
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_3 = m_4 = 10 m_2; \quad m_5 = 12 m_2;$$

$$J_{S_3} = 12 J_{S_2}; \quad J_{S_5} = J_{S_4} = 10 J_{S_2}.$$

№	Размеры звеньев, м								$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_2,$ кг	$J_{S_2},$ кг·м ²
	a	b	OA	BC	BS_3	BE	CD	DE			
0	0.220	0.850	0.350	1.500	0.650	2.000	1.305	1.780	500	9.0	0.30
1	0.250	0.900	0.370	1.600	0.700	2.100	1.409	1.826	450	10.0	0.35
2	0.280	0.950	0.390	1.700	0.750	2.300	1.502	1.973	400	12.0	0.40
3	0.300	0.850	0.350	1.550	0.650	2.100	1.457	1.641	500	10.0	0.35
4	0.300	0.900	0.370	1.600	0.650	2.200	1.449	1.803	450	12.0	0.30

Кинематическая схема № 20



$$BC = 0.05 \text{ м}$$

$T_{\text{пс}}$ и $Q_{\text{пс}}$ – момент и соответственно сила полезного сопротивления (действуют только во время рабочих ходов кулисы 5 и ползуна 3).

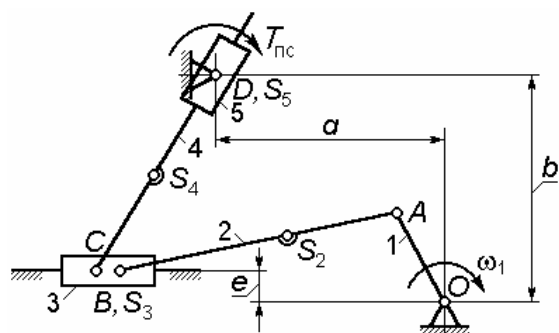
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 8 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 10 m_3;$$

$$J_{S_2} = 8 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = 9 J_{S_4}.$$

№	Размеры звеньев, м								$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	e	AB	BS_2	AD	a	b	ES_5			
0	0.400	0.050	1.275	0.700	0.500	1.000	0.900	0.550	500	9.00	0.30
1	0.450	-0.080	1.425	0.750	0.520	1.200	0.950	0.650	450	10.00	0.35
2	0.500	0.060	1.600	0.850	0.480	1.300	1.100	0.750	400	12.00	0.40
3	0.450	-0.070	1.425	0.750	0.500	1.250	1.050	0.700	500	13.00	0.35
4	0.400	0.080	1.275	0.700	0.450	1.100	1.100	0.700	450	12.00	0.30

Кинематическая схема № 21



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода звена 5).

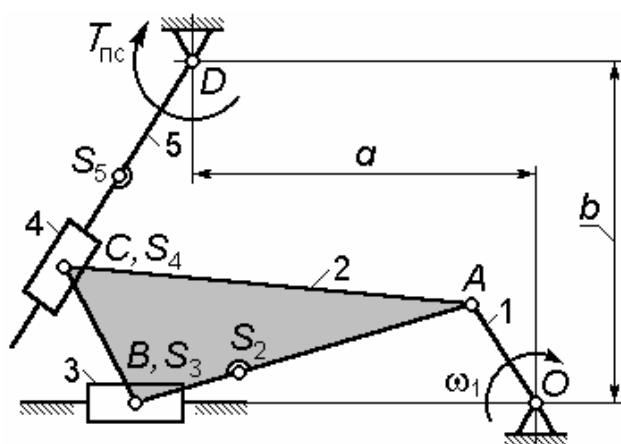
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 8 m_3; \quad m_4 = 10 m_3; \quad m_5 = m_3;$$

$$J_{S_2} = 7 J_{S_5}; \quad J_{S_4} = 9 J_{S_5}.$$

№	Размеры звеньев, м								$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_5},$ кг·м ²
	OA	e	AB	BS ₂	BC	a	b	CS ₄			
0	0.400	0.05	1.275	0.700	0.050	1.100	1.300	0.600	500	9.00	0.30
1	0.450	-0.08	1.425	0.750	0.060	1.250	1.200	0.600	450	10.00	0.35
2	0.500	0.06	1.600	0.850	0.070	1.400	1.500	0.700	400	12.00	0.40
3	0.450	-0.07	1.425	0.750	0.050	1.300	1.400	0.700	500	13.00	0.35
4	0.400	0.08	1.275	0.700	0.060	1.100	1.300	0.600	450	12.00	0.30

Кинематическая схема № 22



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

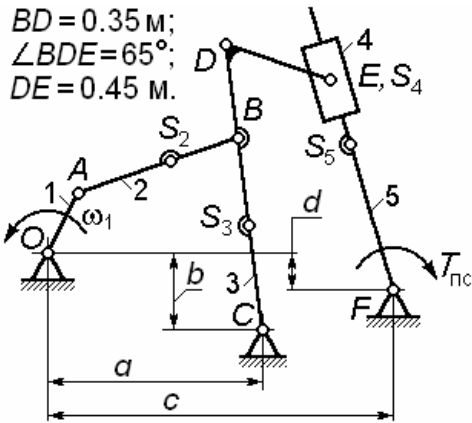
$$m_2 = 15 m_3; \quad m_4 = m_3; \quad m_5 = 8 m_3;$$

$$J_{S_2} = 10 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = 8 J_{S_4}.$$

№	Размеры звеньев, м								$\angle ABC$	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OA	AB	BS ₂	BC	a	b	DS ₅					
0	0.400	1.275	0.350	0.350	1.000	1.600	0.600	95°	550	12.00	0.35	
1	0.450	1.425	0.400	0.400	1.100	1.700	0.700	100°	500	10.00	0.45	
2	0.500	1.600	0.450	0.500	1.450	2.000	0.700	105°	600	11.00	0.40	
3	0.450	1.425	0.400	0.500	1.350	1.950	0.700	110°	650	10.00	0.45	
4	0.400	1.275	0.350	0.450	1.200	1.500	0.550	115°	600	12.00	0.40	

Кинематическая схема № 23

$BD = 0.35 \text{ м};$
 $\angle BDE = 65^\circ;$
 $DE = 0.45 \text{ м}.$



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = m_5 = 5 m_4; \quad m_3 = 12 m_4;$$

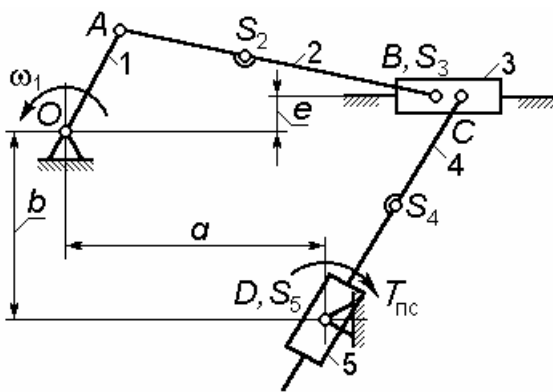
$$J_{S_5} = J_{S_2} = 4 J_{S_4}; \quad J_{S_3} = 10 J_{S_4}.$$

Центры масс звеньев разместить согласно соотношениям:

$$AS_2 = (0.55 \dots 0.60) AB; \quad CS_3 = (0.65 \dots 0.70) BC.$$

№	Размеры звеньев, м								$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_4,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	a	b	OA	AB	BC	c	d	FS_5			
0	1.400	0.550	0.400	1.100	1.100	1.600	0.800	0.700	550	7.00	0.35
1	1.450	0.400	0.400	1.100	1.100	1.600	0.800	0.750	500	8.00	0.45
2	1.500	0.500	0.420	1.155	1.155	1.700	0.700	0.700	600	9.00	0.40
3	1.450	0.500	0.405	1.120	1.120	1.650	0.600	0.650	650	10.00	0.45
4	1.400	0.450	0.390	1.075	1.075	1.600	0.750	0.700	600	8.00	0.40

Кинематическая схема № 24



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода звена 5).

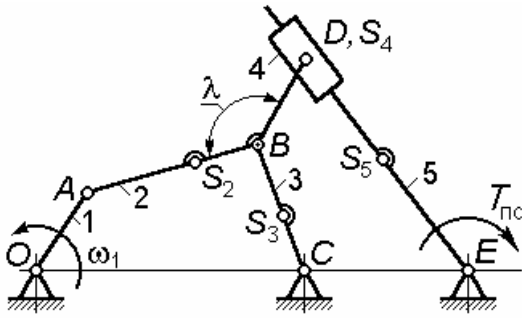
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 6 m_3; \quad m_4 = 5 m_3; \quad m_5 = m_3;$$

$$J_{S_2} = 8 J_{S_5}; \quad J_{S_4} = 5 J_{S_5}.$$

№	Размеры звеньев, м								$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_3,$ кг	$J_{S_5},$ кг·м ²
	OA	e	AB	BS_2	BC	a	b	CS_4			
0	0.450	0.050	1.700	1.100	0.070	0.975	0.605	0.500	500	9.00	0.30
1	0.450	-0.060	1.700	1.100	0.080	0.975	0.725	0.500	450	10.00	0.35
2	0.500	0.060	1.900	1.200	0.070	1.100	0.650	0.600	400	12.00	0.40
3	0.400	-0.080	1.500	0.950	0.070	0.850	0.675	0.500	500	13.00	0.35
4	0.400	0.060	1.500	0.925	0.080	0.850	0.550	0.500	450	12.00	0.30

Кинематическая схема № 25



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

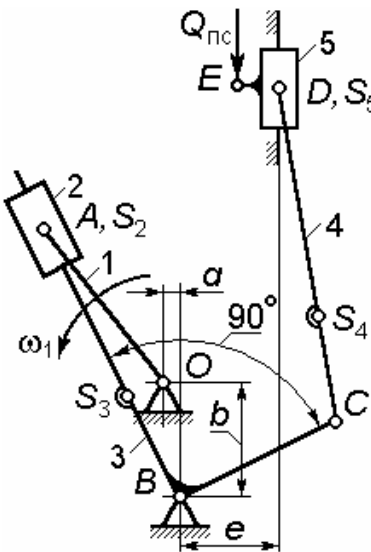
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_2 = 8 m_4; \quad m_3 = 6 m_4; \quad m_5 = 12 m_4;$$

$$J_{S_2} = 6 J_{S_4}; \quad J_{S_5} = 8 J_{S_4}; \quad J_{S_3} = 0.7 J_{S_5}.$$

№	Размеры звеньев, м									λ	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_4,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OC	OA	AB	BS ₂	BC	CS ₃	BD	CE	ES ₅				
0	1.70	0.45	1.245	0.45	1.245	0.50	0.27	0.75	1.10	115°	550	9.0	0.90
1	1.70	0.45	1.245	0.45	1.245	0.50	0.28	0.75	1.10	120°	500	10.0	0.95
2	1.90	0.50	1.390	0.50	1.390	0.60	0.26	0.80	1.20	125°	600	9.0	0.85
3	1.50	0.40	1.100	0.40	1.100	0.45	0.27	0.45	0.90	120°	650	10.0	0.90
4	1.50	0.40	1.100	0.40	1.100	0.45	0.28	0.50	0.95	115°	600	12.0	0.95

Кинематическая схема № 26



$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

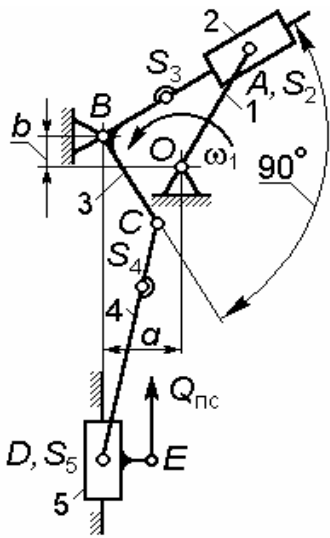
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_3 = 12 m_2; \quad m_4 = 8 m_2; \quad m_5 = m_2;$$

$$J_{S_3} = 12 J_{S_2}; \quad J_{S_4} = 6 J_{S_2}.$$

№	Размеры звеньев, м									$Q_{\text{пс}},$ Н	$m_2,$ кг	$J_{S_2},$ кг·м ²
	a	b	OA	BS ₃	BC	e	CD	CS ₄	DE			
0	0.050	0.150	0.400	0.200	0.400	0.075	0.850	0.350	0.050	4500	9.0	0.30
1	0.040	0.120	0.325	0.200	0.420	0.070	0.900	0.400	0.040	4000	10.0	0.35
2	0.050	0.130	0.350	0.240	0.450	0.070	0.950	0.400	0.045	5000	9.0	0.45
3	0.050	0.140	0.375	0.200	0.400	0.070	0.850	0.350	0.050	5500	10.0	0.35
4	0.050	0.150	0.400	0.200	0.420	0.075	0.900	0.400	0.045	4000	12.0	0.45

Кинематическая схема № 27



$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

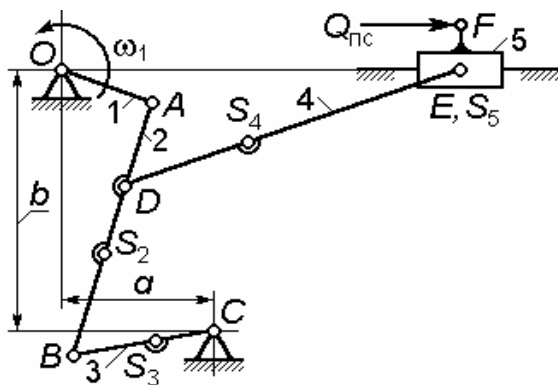
Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$m_3 = 12 m_2; \quad m_4 = 8 m_2; \quad m_5 = m_2;$$

$$J_{S_3} = 12 J_{S_2}; \quad J_{S_4} = 6 J_{S_2}.$$

№	Размеры звеньев, м								$Q_{\text{пс}},$ Н	$m_2,$ кг	$J_{S_2},$ кг·м ²
	a	b	OA	BS_3	BC	CD	CS_4	DE			
0	0.150	0.050	0.400	0.200	0.400	0.700	0.300	0.050	4500	9.0	0.90
1	0.112	0.040	0.300	0.200	0.420	0.750	0.350	0.040	4000	10.0	0.95
2	0.130	0.050	0.350	0.225	0.450	0.800	0.350	0.045	5000	9.0	0.85
3	0.140	0.050	0.375	0.200	0.400	0.700	0.300	0.050	5500	10.0	0.90
4	0.150	0.050	0.400	0.200	0.420	0.750	0.350	0.035	4000	12.0	0.95

Кинематическая схема № 28



$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

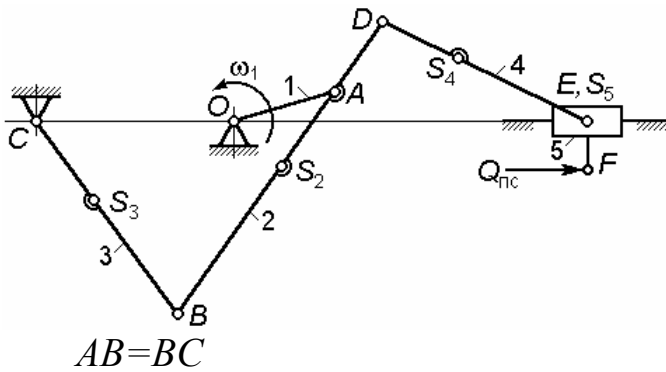
$$m_2 = 8 m_5; \quad m_3 = 4 m_5;$$

$$m_4 = 10 m_5; \quad J_{S_2} = 2 J_{S_3}; \quad J_{S_4} = 3 J_{S_3}.$$

$$DS_4 = (0.35 \dots 0.45) DE; \quad EF = 0.05 \text{ м.}$$

№	Размеры звеньев, м									$Q_{\text{пс}},$ Н	$m_5,$ кг	$J_{S_3},$ кг·м ²
	a	b	OA	AB	BS_2	AD	BC	BS_3	DE			
0	0.250	0.650	0.185	0.525	0.175	0.200	0.493	0.275	0.650	4500	9.0	0.30
1	0.250	0.700	0.197	0.526	0.175	0.200	0.561	0.325	0.650	4000	10.0	0.35
2	0.250	0.550	0.160	0.456	0.150	0.175	0.428	0.250	0.600	5000	9.0	0.45
3	0.200	0.600	0.167	0.448	0.150	0.160	0.477	0.275	0.550	5500	10.0	0.40
4	0.350	0.650	0.195	0.557	0.175	0.200	0.522	0.300	0.700	4000	12.0	0.35

Кинематическая схема № 29



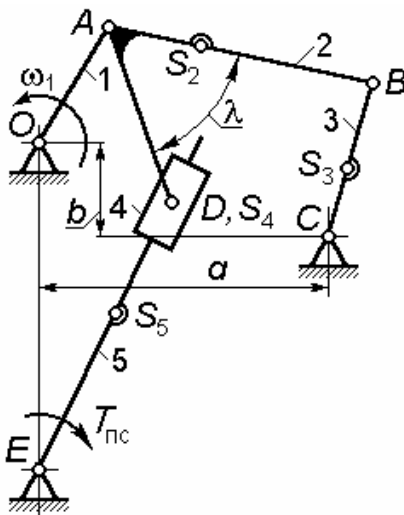
$Q_{\text{пс}}$ – сила полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода ползуна 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$\begin{aligned} m_2 &= 10 m_5; & m_3 &= 8 m_5; \\ m_4 &= 6 m_5; \\ J_{S_2} &= 2 J_{S_4}; & J_{S_3} &= 1.5 J_{S_4}. \end{aligned}$$

№	Размеры звеньев, м									$Q_{\text{пс}},$ Н	$m_5,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	OC	OA	AB	CS ₃	BS ₂	BD	DE	DS ₄	EF			
0	0.790	0.250	0.635	0.275	0.350	0.800	0.750	0.300	0.045	4500	9.0	0.40
1	0.635	0.200	0.510	0.225	0.275	0.650	0.600	0.250	0.050	4000	10.0	0.45
2	0.950	0.300	0.765	0.325	0.400	0.975	0.900	0.350	0.050	5000	9.0	0.35
3	1.105	0.350	0.890	0.400	0.500	1.150	1.050	0.450	0.050	5500	10.0	0.40
4	1.260	0.400	1.015	0.450	0.550	1.300	1.200	0.500	0.050	4000	12.0	0.55

Кинематическая схема № 30



$T_{\text{пс}}$ – момент полезного сопротивления (действует только во время рабочего хода кулисы 5).

Соотношения для масс и моментов инерции звеньев:

$$\begin{aligned} m_2 &= 12 m_4; & m_3 &= 5 m_4; & m_5 &= 9 m_4; \\ J_{S_2} &= 10 J_{S_4}; & J_{S_3} &= 6 J_{S_4}; & J_{S_5} &= 8 J_{S_4}. \end{aligned}$$

Центры масс звеньев разместить согласно соотношениям:

$$\begin{aligned} BS_2 &= (0.65 \dots 0.70) AB; \\ CS_3 &= (0.35 \dots 0.40) BC. \end{aligned}$$

№	Размеры звеньев, м								λ	$T_{\text{пс}},$ Н·м	$m_4,$ кг	$J_{S_4},$ кг·м ²
	a	b	OA	AB	AD	BC	OE	ES ₅				
0	0.900	0.250	0.247	0.685	0.500	0.685	1.000	0.50	55°	4500	9.0	0.90
1	1.000	0.200	0.270	0.745	0.480	0.745	1.350	0.60	65°	4000	10.0	0.95
2	0.950	0.180	0.255	0.705	0.500	0.705	1.100	0.50	60°	5000	9.0	0.85
3	1.050	0.220	0.285	0.785	0.450	0.785	1.350	0.60	60°	5500	10.0	0.90
4	1.000	0.250	0.273	0.755	0.500	0.755	1.350	0.60	65°	4000	12.0	0.95

Литература

1. Гурьев Б.И., Ахмедзянов Д.А. Кинематический анализ механизмов в компьютерной среде: Учеб. пособие. - Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 1995. – 36 с.
2. Планетарные механизмы: Учеб. пособие / Болотовский И.А., Васильева О.Ф., Гурьев Б.И., Русак Л.Л. – Уфа: Уфимск. авиац. ин-т, 1997. – 94 с.
3. Цилиндрические эвольвентные зубчатые передачи внешнего зацепления / Болотовский И.А., Гурьев Б.И., Смирнов В.Э. и др. М.: Машиностроение, 1974. – 160 с.
4. Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач / Под ред. И.А.Болотовского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
5. Стандарт организации. Система менеджмента качества. Графические и текстовые конструкторские документы. Требования к построению, изложению, оформлению. СТО УГАТУ 016-2007. – Уфа: ГОУ ВПО УГАТУ, 2007. – 94 с.
6. Теория механизмов и механика машин / Под ред. К.В.Фролова. М.: Высшая школа, 2002. – 664 с.
7. Теория механизмов и машин: учебное пособие / Б.И.Гурьев, Л.С.Кутушева, Л.Л.Русак, А.Я.Садыкова, Р.Ш.Хабибуллина; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2008. – 114 с.

Составители: ГУРЬЕВ Борис Иванович
КУТУШЕВА Людмила Сергеевна
РУСАК Людмила Леонидовна

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МАШИННОГО АГРЕГАТА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине
«Теория механизмов и машин»

Редактор Волосатова Е. В.

Подписано в печать 2010. Формат 60×84 1/16 .
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. Усл.-кр.-отт. Уч.-изд. л.
Тираж экз. Заказ №
ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический
университет
Редакционно-издательский комплекс УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул.К.Маркса, 12