

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

"Воронежский государственный технический университет"

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольных работ для студентов
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств», профили: «Технология машиностроения»,
«Металлообрабатывающие станки и комплексы»
заочной формы обучения

Воронеж 2021

УДК 621.01 (07)
ББК 34.5я7

Составитель канд. пед. наук О. К. Битюцких

Теория механизмов и машин: методические указания к выполнению контрольных работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профили: «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы» заочной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: О. К. Битюцких. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. –36 с.

Приведенные расчетные зависимости позволяют студентам рассчитать и построить планы скоростей и ускорений, а также провести силовой анализ с нахождением уравнивающей силы на кривошипе с помощью методы жесткого рычага Жуковского.

Предназначены для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профили: «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы» заочной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ТМиМ контр.р.pdf.

Ил. 9. Табл. 22. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.01 (07)
ББК 34.5я7

Рецензент – М. Н. Краснова, канд. техн. наук, доц кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

1. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ

Плоские механизмы образуются соединением подвижных звеньев посредством кинематических пар 4 и 5 класса, примеры которых даны в таблице.

Причем в составе плоских механизмов пары 5 класса могут иметь место лишь в виде высших кинематических пар с точечным или линейным контактами звеньев.

Механизм, показанный на рис.1 имеет пять ($n=5$) подвижных звеньев: 1 - ведущее звено АВ, 2 - шатун ВС, 3 - кривошип DE, 4 - шатун EF, 5 - ползун F. Звенья образуют друг с другом 6 вращательных и 1 поступательную кинематические пары 5-го класса:

$$P_5=6+1=7.$$

Степень подвижности механизма вычисляется по структурной формуле (формула П.А. Чебышева) для механизмов 3-го семейства (плоские механизмы):

$$\omega = 3 \cdot n - 2 \cdot P_5 - P_4 = 1, \quad (1)$$

где P_5 , P_4 - число кинематических пар пятого и четвертого класса соответственно; n - число подвижных звеньев.

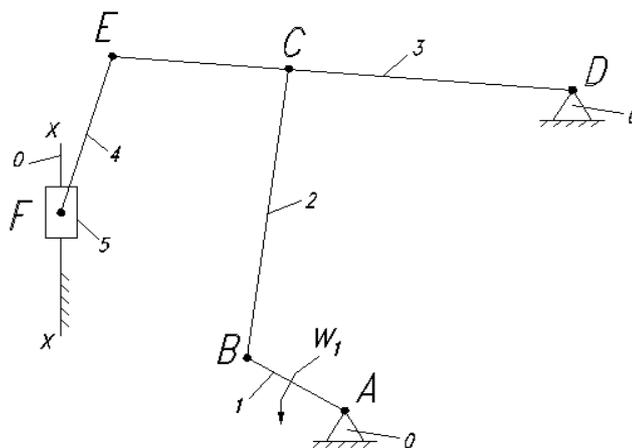


Рис. 1. Кинематическая схема механизма

Степень подвижности приведенного выше механизма (при $n=5$, $P_5=7$, $P_4=0$):

$$\omega = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1. \quad (2)$$



Рис. 2. Механизм первого класса

Согласно структурной классификации плоских рычажных механизмов, предложенной И.И. Артоболовским на основе идей Л.Н. Ассура, механизмы объединяются в классы от первого и выше по признаку построения их структуры. Механизм первого класса состоит из ведущего звена, присоединенного к стойке парой 5 класса (рис. 2) Механизмы более высоких классов образуются последовательным присоединением к механизму первого класса кинематических цепей, имеющих степень подвижности, равную нулю при условии их присоединения к стойке, - структурных групп. Причем присоединение структурных групп должно производиться без увеличения степени подвижности вновь образующейся подвижной цепи (метод “наслоения”).

Структурные группы подразделяются на классы, порядки, виды. Номер класса численно равен числу кинематических пар самом сложном независимом замкнутом контуре группы, порядок – числу кинематических пар, которыми группа присоединяется к механизму, вид – определяется сочетанием различных кинематических пар (рис.3,4).

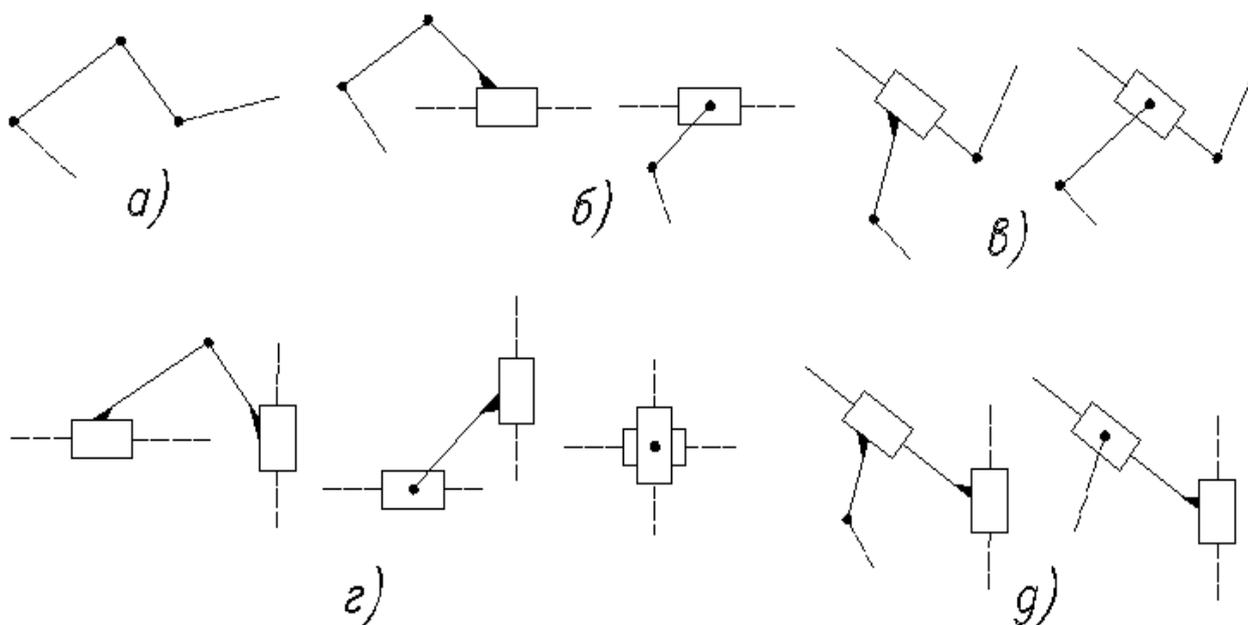


Рис. 3. Группы второго класса, второго порядка:
 а) 1 - вида; б) 2 - вида; в) 3 - вида; г) 4 - вида; д) 5 – вида.

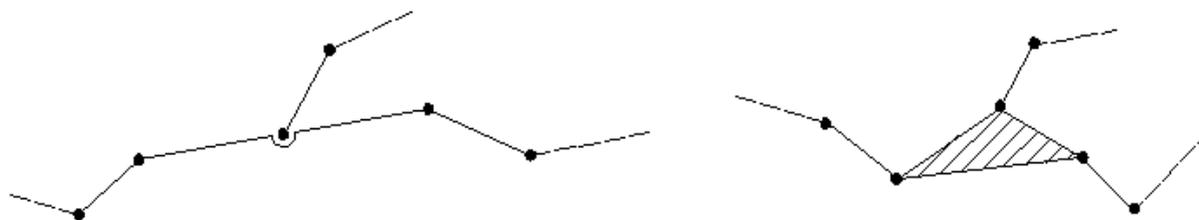


Рис. 4. Группы третьего класса, третьего порядка

Класс механизма определяется наивысшим классом структурной группы, входящей в его состав. Для этого требуется расчленить механизм на структурные группы, отделяя каждый раз самую удалённую от ведущего звена, таким образом, чтобы степень подвижности оставшейся кинематической цепи не изменялась относительно исходной (рис.5).

Структуру показанного на рис.5 механизма можно записать в виде:

$$I(0,1) - II(2,3) - II(4,5).$$

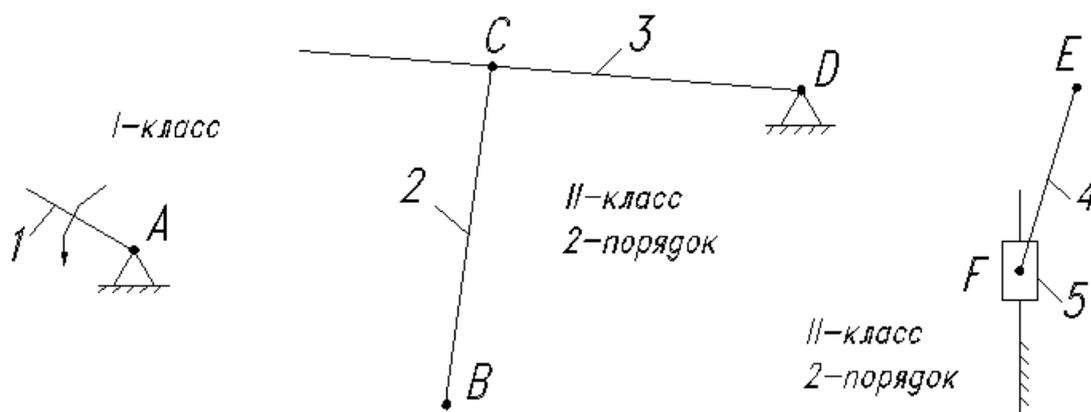


Рис. 5. Расчленение механизма на структурные группы

2. ПОСТРОЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА

При известных размерах звеньев механизма синтез механизма в каком-либо положении осуществляется методом засечек, который заключается в геометрическом построении положения на плоскости центра вращательных пар. Последовательность построения, с учетом заранее выбранного масштаба построения μ плана механизма (рис.6):

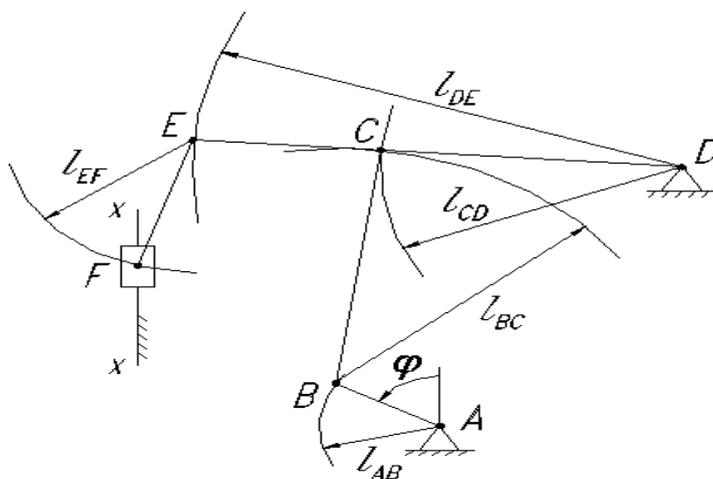


Рис. 6. Построение положения механизма

- 1) расположить на плоскости по заданным размерам элементы изображения стойки (точки А и D, ось x-x);
- 2) в одном из заданных углом φ положений присоединить ведущее звено АВ;
- 3) из точки В и точки D провести дуги радиусом соответствующих заданных размеров (l_{BC} , l_{CD}), пересечение которых определит положение вращательной пары С;
- 4) на продолжении отрезка [DC] радиусом l_{DE} найти т.Е;
- 5) из точки Е радиусом l_{EF} провести дугу до пересечения с линией x-x движения ползуна, пересечение которых определит положение поступательной пары, в точке F.

3. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДАМИ ПЛАНОВ СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ

Построение планов скоростей и ускорений проводится на основе последовательного составления векторных уравнений для точек звеньев механизма, начиная с ведущего звена, угловая скорость ω_1 которого задана.

Скорость точки В (рис.6) находится из выражения:

$$V_B = \omega_1 \cdot l_{AB}. \quad (3)$$

И вектор скорости точки В направлен в сторону вращения ведущего звена перпендикулярно звену АВ.

Скорость точки С определяется из векторной системы уравнений:

$$\begin{cases} \vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB}; \\ \vec{V}_C = \vec{V}_D + \vec{V}_{CD}, \end{cases} \quad (4)$$

где $\vec{V}_B, \vec{V}_C, \vec{V}_D$ - векторы абсолютных скоростей точек; $\vec{V}_{CB}, \vec{V}_{CD}$ - векторы относительных скоростей.

Система уравнений (4) решается графическим способом. При этом учитывается, что $\vec{V}_{CD} \perp CD$, $\vec{V}_{CB} \perp BC$, $\vec{V}_D = 0$.

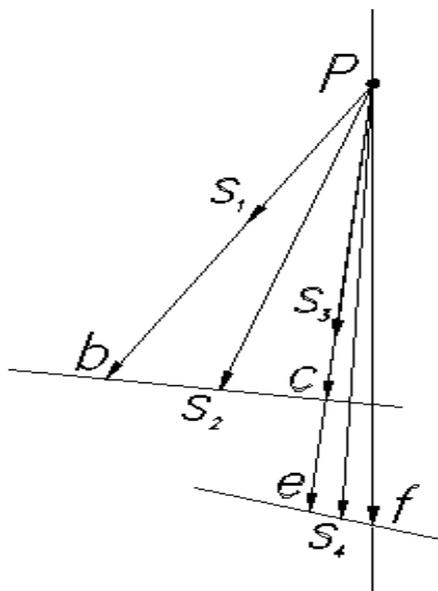


Рис. 7. План скоростей

Величины V_{CB} и V_C из плана скоростей с учетом масштаба изображения рассчитываются по формулам:

$$V_{CB} = \langle cb \rangle \cdot \mu_v, \quad (6)$$

$$V_C = \langle pc \rangle \cdot \mu_v. \quad (7)$$

Определяем скорость точки E, принадлежащей кривошипу CD. Согласно свойству плана скоростей:

$$\frac{\langle pc \rangle}{\langle pe \rangle} = \frac{l_{CD}}{l_{DE}}. \quad (8)$$

Графически $\langle pe \rangle$ находим на продолжении отрезка $\langle pc \rangle$. Причем абсолютная скорость точки E:

$$V_E = \langle pe \rangle \cdot \mu_v. \quad (9)$$

Скорость точки F определяется аналогично, с помощью графического решения системы векторных уравнений:

$$\begin{cases} \bar{V}_F = \bar{V}_E + \bar{V}_{FE}; \\ \bar{V}_F = \bar{V}_X + \bar{V}_{XX}, \end{cases} \quad (10)$$

где $\bar{V}_E, \bar{V}_F, \bar{V}_X$ - векторы абсолютных скоростей точек; $\bar{V}_{CB}, \bar{V}_{CD}, \bar{V}_{XX}$ - векторы относительных скоростей; \bar{V}_X, \bar{V}_{XX} - скорость движения системы координат (прямой x-x), $\bar{V}_{XX} = 0$.

При решении уравнений (10) учитываем, что $\bar{V}_{FE} \perp EF$, $\bar{V}_X // x-x$.

Направление вектора \bar{V}_{FE} перпендикулярно EF проводится из точки E; вектор \bar{V}_F - из полюса P вертикально (в направлении абсолютного перемещения звена 5).

Значения абсолютной и относительной скоростей точки F:

$$V_{FE} = \langle fe \rangle \cdot \mu_v, \quad (11)$$

$$V_F = \langle pf \rangle \cdot \mu_v. \quad (12)$$

Скорости центров масс V_{S_i} , находящихся в геометрическом центре звеньев (стержней) определяются нахождением точки S_i на планах скоростей на соответствующих звеньях отрезках в том же пропорциональном делении.

Исходными данными для построения плана ускорения являются план положения механизма (рис.6), план скоростей (рис.7) и ускорения точек ведущего звена AB.

Ускорение точки В ведущего звена, вращающегося равномерно равно:

$$a_B = a_B^n = \omega_1^2 \cdot l_{AB} . \quad (13)$$

Ускорение точки С определяется из векторных уравнений:

$$\begin{cases} \bar{a}_C = \bar{a}_B + \bar{a}_{CB}^n + \bar{a}_{CB}^\tau; \\ \bar{a}_C = \bar{a}_D + \bar{a}_{CD}^n + \bar{a}_{CD}^\tau, \end{cases} \quad (14)$$

где $\bar{a}_B, \bar{a}_C, \bar{a}_D$ - векторы абсолютных ускорений точек, при чем $\bar{a}_D = 0$; $\bar{a}_{CB}^n, \bar{a}_{CD}^n$ - векторы нормальных ускорений; $\bar{a}_{CB}^\tau, \bar{a}_{CD}^\tau$ - векторы тангенсальных ускорений.

Векторы нормальных ускорений направлены перпендикулярно траектории движения точки, а векторы касательных ускорений параллельны траектории движения точки.

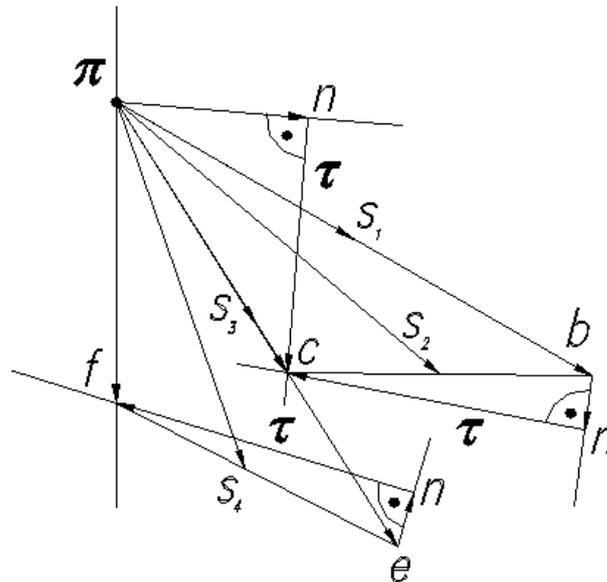


Рис. 8. План ускорений

В системе уравнений (14) известны направления всех шести векторов (кроме \bar{a}_C) и модули четырёх из шести векторов. При этом:

$$a_{CB}^n = \frac{V_{CB}^2}{l_{BC}} , \quad (15)$$

$$a_{CD}^n = \frac{V_C^2}{l_{CD}} . \quad (16)$$

Векторное уравнение, имеющее две неизвестные величины, может быть решено графически, аналогично решению векторного уравнения скоростей.

Из точки π - полюса плана ускорений в направлении отрезка CD плана положений необходимо провести вектор πb размером 80...100 мм (рис.8). Масштаб плана ускорений тогда будет равным:

$$\mu_A = \frac{a_B}{\langle \pi b \rangle}, \quad \left(\frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}} \right). \quad (17)$$

Из точки b плана ускорений в масштабе, в направлении BC провести отрезок $\langle bn \rangle$ равный:

$$\langle bn \rangle = \frac{a_{CB}^n}{\mu_A}. \quad (18)$$

Из точки n которого провести направление, тангенциального ускорения точки C относительно точки B перпендикулярно $\langle bn \rangle$.

Из полюса π провести отрезок $\langle \pi n \rangle$ равный:

$$\langle \pi n \rangle = \frac{a_{CD}^n}{\mu_A}, \quad (19)$$

в направлении отрезка CD, из точки n которого провести направление тангенциального ускорения точки C относительно точки D перпендикулярно $\langle \pi n \rangle$.

Пересечение линий тангенциальных ускорений даёт точку C, ускорение которой с учетом масштаба равно:

$$a_C = \langle \pi c \rangle \cdot \mu_A. \quad (20)$$

Ускорение точки E находят по аналогии с планом скоростей из соотношения:

$$\frac{\langle \pi c \rangle}{\langle \pi e \rangle} = \frac{l_{CD}}{l_{DE}}. \quad (21)$$

Графически $\langle \pi e \rangle$ также находится на продолжении отрезка $\langle \pi c \rangle$. Причем значение ускорения точки E:

$$a_E = \langle \pi e \rangle \cdot \mu_A. \quad (22)$$

Векторное уравнение для определения ускорения точки F:

$$\begin{cases} \bar{a}_F = \bar{a}_E + \bar{a}_{FE}^n + \bar{a}_{FE}^t; \\ \bar{a}_F = \bar{a}_X + \bar{a}_{XX}^n + \bar{a}_{XX}^t, \end{cases} \quad (23)$$

где $\bar{a}_E, \bar{a}_F, \bar{a}_X$ - векторы абсолютных ускорений точек; $\bar{a}_{FE}^n, \bar{a}_{XX}^n$ - векторы нормальных ускорений, при чем $\bar{a}_{XX}^n = 0$; $\bar{a}_{CB}^\tau, \bar{a}_{XX}^\tau$ - векторы тангенциальных ускорений, при чем $\bar{a}_{XX}^\tau = 0$.

Система уравнения (23) также имеет два неизвестных компонента и может быть решено графически.

Величина нормального ускорения точки F относительно E равна:

$$a_{FE}^n = \frac{V_{FE}^2}{l_{EF}} . \quad (24)$$

Из точки e плана ускорений в масштабе, в направлении EF провести отрезок $\langle en \rangle$ равный:

$$\langle en \rangle = \frac{a_{FE}^n}{\mu_A} . \quad (25)$$

Из точки n которого провести направление, тангенциального ускорения точки F относительно точки E перпендикулярно $\langle en \rangle$ до пересечения с вертикальной линией x-x. Пересечение двух прямых даст точку f, а значение ускорения точки F, будет равно:

$$a_F = \langle \pi f \rangle \cdot \mu_A . \quad (26)$$

Ускорение центров масс определяются из планов ускорений аналогично определению их скоростей из планов скоростей.

4. УГЛОВЫЕ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ ВРАЩЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ

Угловые скорости и ускорения вращения звеньев определяют из планов скоростей и ускорений по линейным кинематическим параметрам и точек относительно i-х точек этих же звеньев с учетом соотношений:

$$\omega_i = \frac{V_i}{l_i} , \quad (27)$$

$$\varepsilon_i = \frac{a_i^\tau}{l_i} . \quad (28)$$

5. СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА

Центры тяжести звеньев (стержней) находятся на середине их длины.
Центр тяжести ползуна совпадает с центром шарнира.

Масса звеньев определяется по формуле:

$$m_i = q \cdot l_i , \quad (29)$$

где l - длина звена; q – масса, приходящаяся на 1 м длины звена,
 $q = 8 \dots 25$ кг/м.

Масса ползуна F определяется:

$$m_{\text{полз}} = (4 \dots 18) \cdot m_1 , \quad (30)$$

где m_1 - масса кривошипа АВ.

Вес звеньев определяется по формуле:

$$G_i = m_i \cdot g , \quad (31)$$

где g - ускорение свободного падения, $g = 9,8$ м/с².

Система сил инерции звена, как и всякая плоская система сил, приложенная к твердому телу, в общем случае приводится к одной силе $P_{\text{и}}$, ее значение равно:

$$P_{\text{и}} = -m_i \cdot a_{\text{Si}} , \quad (32)$$

где a_{Si} - ускорение центра масс звена.

Знак ‘-’ показывает, что инерционные силовые факторы противоположны по направлению соответствующим кинематическим параметрам.

Момент инерции звена относительно оси, проходящей через центр тяжести перпендикулярно плоскости движения равен:

$$J_{\text{Si}} = \frac{1}{12} \cdot m_i \cdot l_i^2 , \quad (33)$$

Момент инерции треугольного звена принять в 2,5 раза больше, чем момент инерции наибольшего из стержней звена.

Момент инерции звена от действия силы инерции $P_{\text{и}}$ определяется из формулы:

$$M_{\text{и}} = -J_{\text{Si}} \cdot \varepsilon_i . \quad (34)$$

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАВНОВЕШИВАЮЩЕЙ СИЛЫ НА КРИВОШИПЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРЕМЫ Н. Е. ЖУКОВСКОГО

Соотношение между силами, приложенными к механизму (включая и силы инерции), можно получить с помощью вспомогательного рычага Жуковского.

Если к какой-либо механизм под действием системы сил, приложенных к этому механизму, находится в равновесии, то повернутый на 90° в какую-либо сторону план скоростей, рассматриваемый как твердое тело, вращающегося вокруг полюса плана и нагруженное теми же силами, приложенными в соответствующих изображающих точках плана, также находится в равновесии.

Раскладываем моменты инерции звеньев на пару сил:

$$P_{M2} = \frac{M_{И2}}{l_{BC}}, \quad (35)$$

$$P_{M3} = \frac{M_{И3}}{l_{DE}}, \quad (36)$$

$$P_{M4} = \frac{M_{И4}}{l_{EF}}. \quad (37)$$

Определяем уравновешивающую силу P'_y путем решения уравнения равновесия суммы моментов действующих сил, относительно полюса P плана скоростей:

$$\Sigma M_P = P'_y \cdot l_{AB} + \Sigma P_{Иi} \cdot h_{Иi} + \Sigma G_i \cdot h_{Gi} + \Sigma P_{Mi} \cdot h_{Mi} + F_{ПС} \cdot h_F = 0, \quad (38)$$

где $\Sigma P_{Иi} \cdot h_{Иi}$ - сумма моментов сил инерции звеньев; $\Sigma G_i \cdot h_{Gi}$ - сумма моментов сил тяжести звеньев; $\Sigma P_{Mi} \cdot h_{Mi}$ - сумма моментов от разложенных на силы моментов инерции стержней звеньев; $F_{ПС} \cdot h_F$ - момент силы полезного сопротивления.

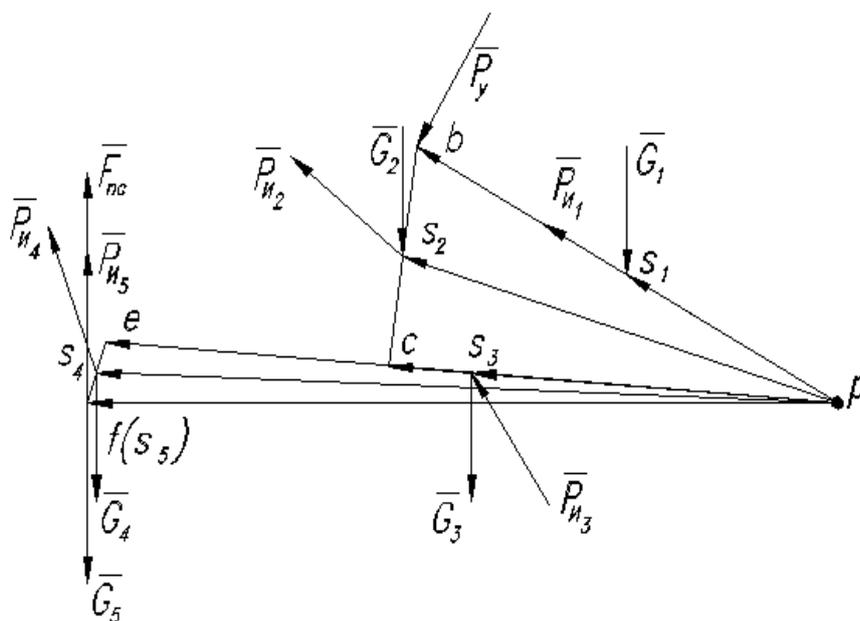


Рис. 9 Рычаг Н. Е. Жуковского

7. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

- 1) Построить механизм в положении заданном преподавателем для дальнейшего исследования
- 2) Выполнить структурный анализ рычажного механизма:
 - определить степень подвижности механизма;
 - разложить его на структурные группы Асура;
 - определить класс и порядок структурной группы.
- 3) Выполнить кинематический анализ механизма:
 - построить план скоростей;
 - построить план ускорений;
 - определить величину и направление угловых скоростей и ускорений звеньев.
- 4) Выполнить силовой анализ механизма:
 - определить значения внешних сил;
 - определить уравновешивающую силу P_y , методом рычага Н. Е. Жуковского.

8. СХЕМЫ ЗАДАНИЙ

Задание 1

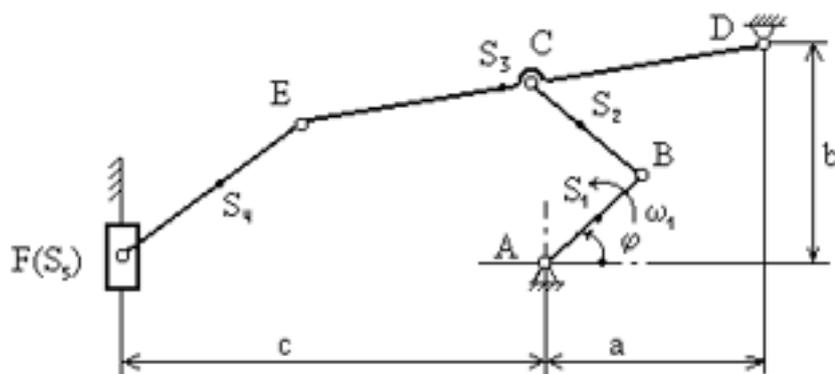


Таблица 1

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,32	0,24	0,3	0,36	0,18	0,2	0,22	0,25	0,28	0,26
$l_{BC}, \text{ м}$	0,8	0,65	0,75	1	0,52	0,54	0,56	0,7	0,55	0,58
$l_{CD}, \text{ м}$	0,8	0,6	0,7	0,9	0,5	0,54	0,56	0,7	0,75	0,85
$l_{CE} = l_{EF}, \text{ м}$	0,68	0,36	0,4	0,56	0,28	0,35	0,32	0,38	0,42	0,44
$a, \text{ м}$	0,6	0,48	0,5	0,72	0,36	0,38	0,38	0,5	0,4	0,52
$b, \text{ м}$	0,88	0,72	0,8	1,1	0,55	0,56	0,58	0,75	0,7	0,75
$c, \text{ м}$	0,72	0,6	0,65	0,9	0,46	0,48	0,5	0,62	0,8	0,55
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	20	22	24	26	28	24	22	25	23	28

Задание 2

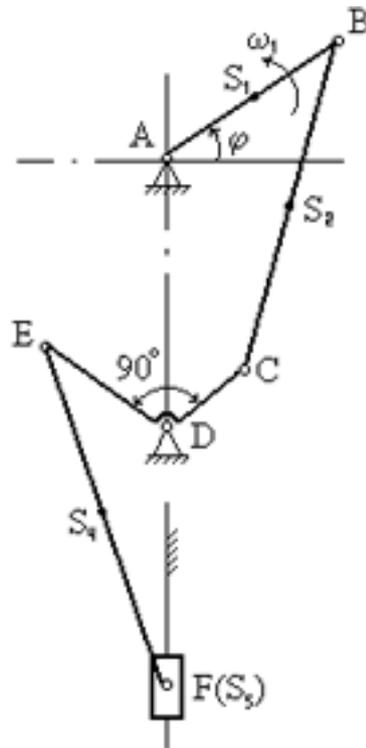


Таблица 2

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}=l_{BC}, \text{ м}$	0,3	0,32	0,24	0,36	0,36	0,32	0,38	0,4	0,28	0,35
$l_{AD}, \text{ м}$	0,1	0,08	0,06	0,15	0,12	0,1	0,16	0,18	0,14	0,2
$l_{CD}, \text{ м}$	0,18	0,2	0,14	0,2	0,18	0,2	0,24	0,28	0,26	0,25
$l_{DE}, \text{ м}$	0,24	0,24	0,12	0,22	0,3	0,28	0,36	0,38	0,26	0,32
$l_{EF}, \text{ м}$	0,72	0,8	0,4	0,8	0,9	0,76	0,86	1	0,5	0,58
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	20	22	24	30	20	24	26	24	25	28

Задание 3

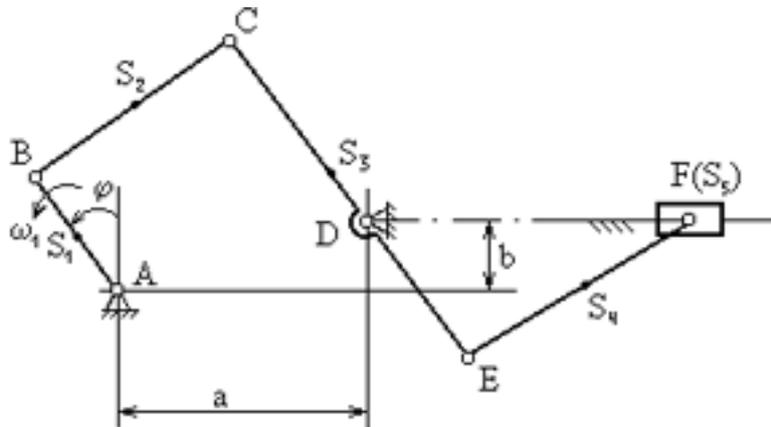


Таблица 3

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,3	0,4	0,4	0,36	0,36	0,4	0,42	0,44	0,38	0,32
$l_{BC}, \text{ м}$	0,36	0,5	0,48	0,37	0,45	0,48	0,56	0,58	0,46	0,38
$l_{CD}, \text{ м}$	0,24	0,37	0,38	0,25	0,3	0,3	0,36	0,38	0,35	0,28
$l_{DE}, \text{ м}$	0,34	0,5	0,48	0,37	0,44	0,48	0,55	0,56	0,52	0,46
$l_{EF}, \text{ м}$	0,36	0,62	0,54	0,44	0,6	0,55	0,56	0,58	0,4	0,48
$a, \text{ м}$	0,12	0,15	0,13	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15
$b, \text{ м}$	0,08	0,12	0,12	0,04	0,09	0,08	0,08	0,08	0,1	0,05
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	30	28	30	32	34	30	28	26	24	28

Задание 4

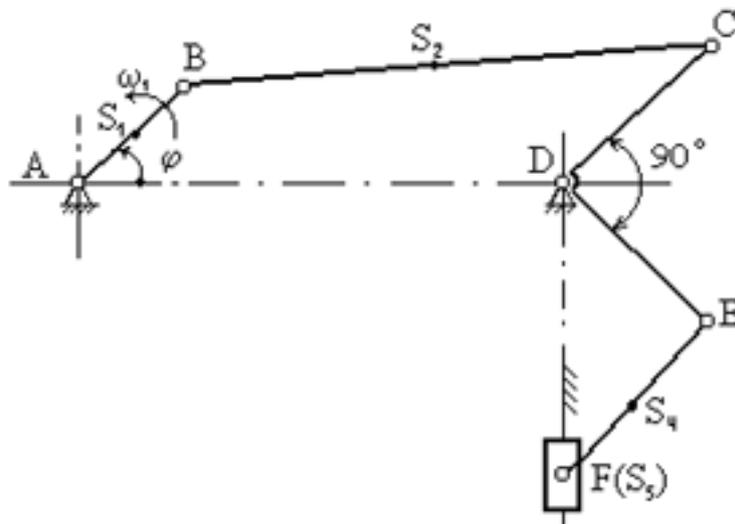


Таблица 4

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,4	0,44	0,32	0,48	0,36	0,38	0,44	0,46	0,30	0,35
$l_{BC}, \text{ м}$	0,7	0,78	0,66	0,84	0,58	0,6	0,8	0,88	0,74	0,72
$l_{CD} = l_{DE}, \text{ м}$	0,6	0,66	0,58	0,74	0,48	0,56	0,75	0,78	0,62	0,7
$l_{AD}, \text{ м}$	0,66	0,76	0,59	0,78	0,56	0,58	0,78	0,8	0,72	0,74
$l_{EF}, \text{ м}$	1	1,1	0,9	1,2	0,8	0,84	1,2	1,2	0,95	1,15
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	28	26	30	26	30	25	22	20	25	23

Задание 5

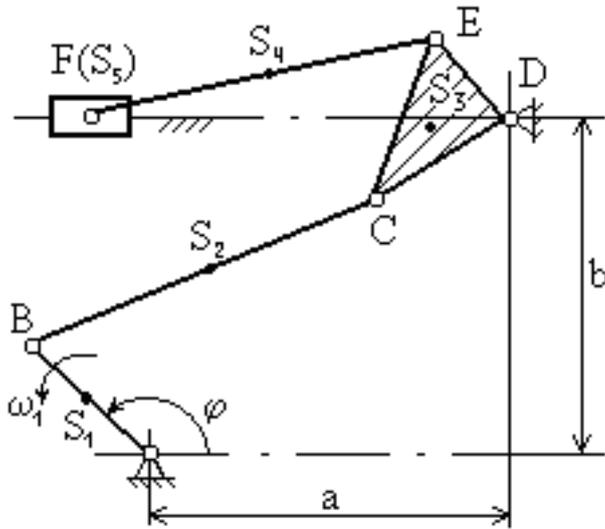


Таблица 5

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,4	0,32	0,3	0,38	0,24	0,28	0,4	0,44	0,42	0,36
$l_{BC}, \text{ м}$	1,6	1,24	1,2	1	0,9	0,94	1	1,12	1,3	0,98
$l_{CD}=l_{DE}, \text{ м}$	0,8	0,64	0,6	0,76	0,44	0,48	0,78	0,8	0,65	0,5
$l_{EF}, \text{ м}$	1,3	1,1	1	1,2	0,8	0,84	1,28	1,3	0,92	0,94
$l_{CE}, \text{ м}$	1,5	1,2	1,1	1,36	0,84	0,88	1,7	1,44	1	0,6
$a, \text{ м}$	1,28	1	0,98	1,2	0,74	0,76	1,24	1,2	0,8	0,85
$b, \text{ м}$	1,44	1,14	1,1	0,6	0,8	0,84	0,64	0,8	0,9	1
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	10	8	12	10	15	12	8	8	14	18

Задание 6

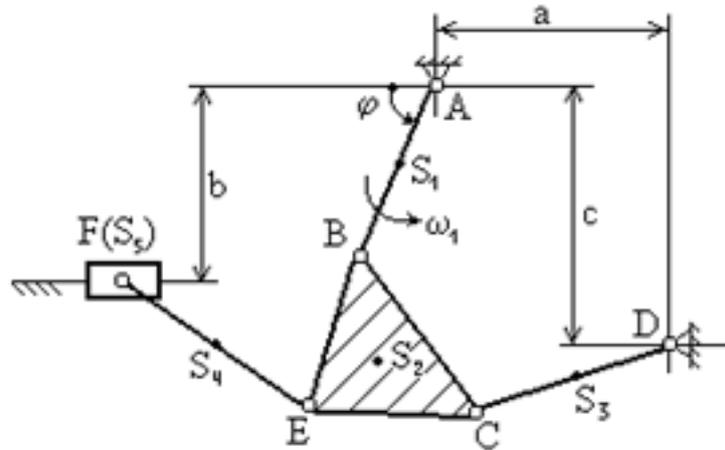


Таблица 6

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,24	0,3	0,3	0,36	0,25	0,3	0,28	0,36	0,26	0,32
$l_{BC}=l_{BE}=l_{CE}, \text{ м}$	0,75	1	1	1,2	0,9	1,2	0,9	1,1	0,8	0,85
$l_{CD}, \text{ м}$	0,66	0,9	0,9	1	0,75	0,9	0,8	0,98	0,7	0,85
$l_{EF}, \text{ м}$	0,7	0,98	1	1,1	0,8	1	1	1	0,75	0,85
$a, \text{ м}$	0,74	1	1,1	1,2	1	1,2	1	1,1	0,95	0,8
$b, \text{ м}$	0,5	0,7	0,75	0,88	0,6	0,8	0,7	0,8	0,65	0,85
$c, \text{ м}$	0,24	0,32	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,28	0,25
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	20	18	16	15	20	20	18	15	22	15

Задание 7

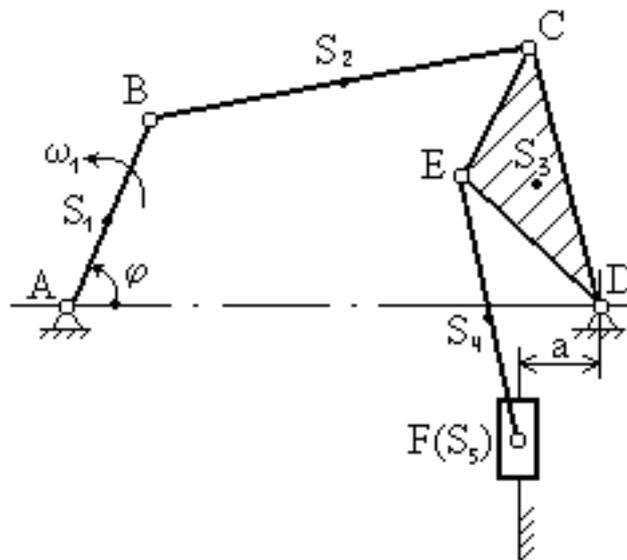


Таблица 7

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,3	0,28	0,24	0,3	0,24	0,24	0,32	0,36	0,26	0,32
$l_{BC}, \text{ м}$	0,9	0,8	0,75	0,9	0,7	0,8	0,9	1	0,85	0,95
$l_{AD}, \text{ м}$	1,1	1	0,9	1,1	0,9	1	1	1	0,95	1,15
$l_{CD}=l_{DE}, \text{ м}$	0,6	0,6	0,45	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,55	0,65
$l_{CE}, \text{ м}$	0,7	0,68	0,6	0,66	0,56	0,64	0,68	0,8	0,75	0,65
$l_{EF}, \text{ м}$	1,25	1,2	1	1,2	0,9	1	1,1	1	0,95	1,1
$a, \text{ м}$	0,5	0,4	0,45	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,45	0,4
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	20	22	18	16	18	20	20	15	20	15

Задание 8

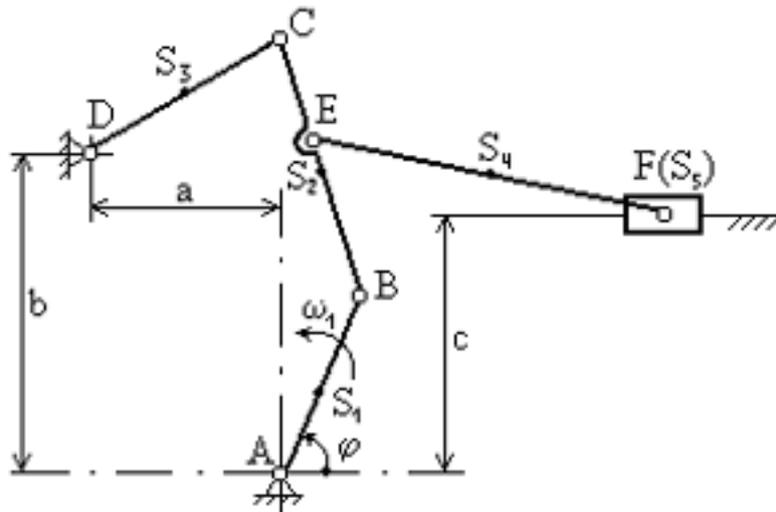


Таблица 8

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,14	0,25	0,16	0,12	0,2	0,22	0,24	0,26	0,18	0,2
$l_{BC}, \text{ м}$	0,55	1,2	0,65	0,6	1,2	1,25	1,3	1,4	0,8	0,9
$l_{CD}, \text{ м}$	0,45	0,75	0,5	0,35	0,5	0,6	0,7	0,8	0,55	0,65
$l_{EF}, \text{ м}$	0,4	0,95	0,5	0,45	0,75	0,8	0,9	1	0,65	0,85
$l_{BE}, \text{ м}$	0,45	0,9	0,5	0,4	0,9	1	1,1	1,2	0,75	0,85
$a, \text{ м}$	0,37	0,6	0,45	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,35	0,5
$b, \text{ м}$	0,45	1	0,5	0,6	1,1	1,2	1,3	1,4	0,85	0,9
$c, \text{ м}$	0,55	1	0,6	0,5	0,9	0,9	1	1,1	0,75	0,85
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	30	28	32	34	26	25	24	22	23	35

Задание 9

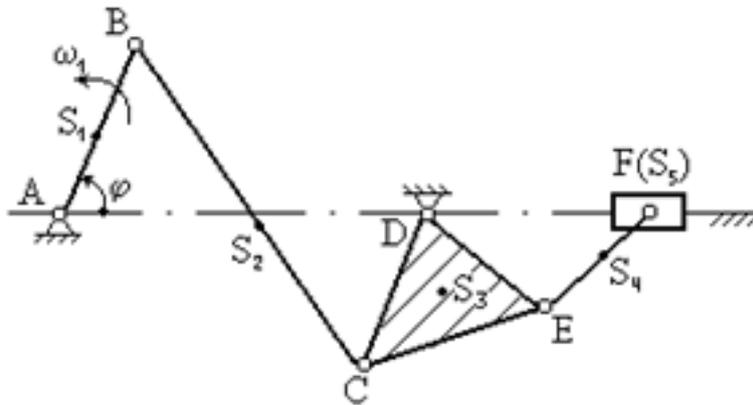


Таблица 9

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,3	0,32	0,25	0,35	0,36	0,4	0,36	0,28	0,34	0,38
$l_{BC}, \text{ м}$	0,6	1,2	0,8	0,75	0,66	0,76	0,66	0,48	0,9	1
$l_{AD}, \text{ м}$	0,5	1	0,75	0,65	0,6	0,68	0,6	0,44	0,55	0,7
$l_{EF}, \text{ м}$	0,75	1,4	1	0,85	0,8	0,84	0,74	0,56	0,65	0,95
$l_{DC}, \text{ м}$	0,5	0,6	0,5	0,6	0,54	0,66	0,58	0,4	0,55	0,65
$l_{DE}, \text{ м}$	0,65	0,4	0,6	0,75	0,68	0,8	0,66	0,48	0,5	0,7
$l_{CE}, \text{ м}$	0,25	0,24	0,2	0,25	0,24	0,2	0,24	0,1	0,15	0,2
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	25	20	28	28	26	25	25	30	22	24

Задание 10

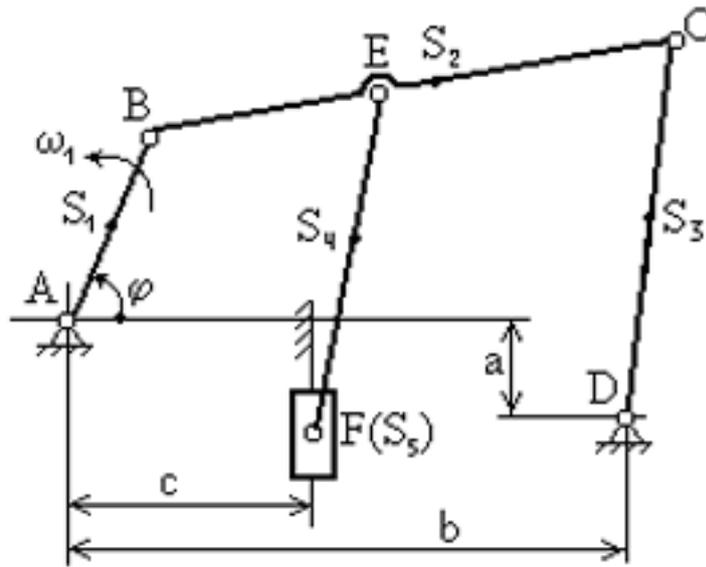


Таблица 10

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,6	0,55	0,5	0,4	0,45
$l_{BC}, \text{ м}$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,7	1,6	1,5	1,7	1,8
$l_{CD}, \text{ м}$	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,4
$l_{BE}, \text{ м}$	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8
$l_{EF}, \text{ м}$	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6
$a, \text{ м}$	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5
$b, \text{ м}$	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2	1,9	1,8	1,8	1,7
$c, \text{ м}$	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	20	12	14	15	16	18	20	18	22	15

Задание 11

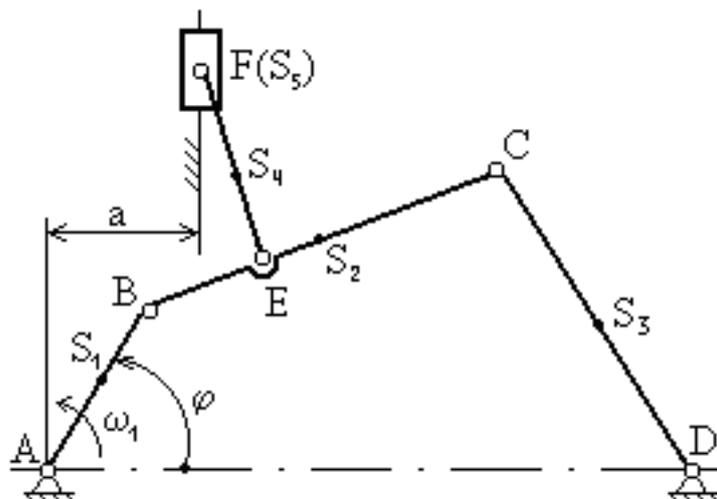


Таблица 11

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,5	0,45	0,4	0,3	0,35
$l_{BC}, \text{ м}$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3
$l_{CD}, \text{ м}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1
$l_{AD}, \text{ м}$	1,6	1,7	1,8	1,9	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,9
$l_{BE}, \text{ м}$	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,5
$l_{EF}, \text{ м}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,2
$a, \text{ м}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1	0,5	0,7
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	20	18	16	15	14	12	20	14	15	18

Задание 12

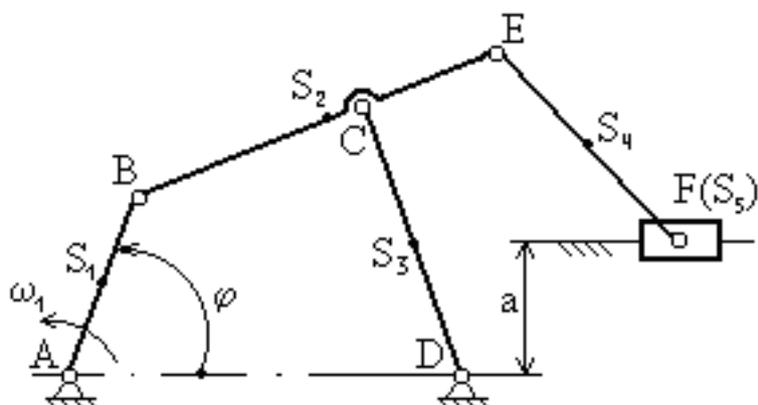


Таблица 12

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,5	0,45	0,4	0,3	0,35
$l_{BC}, \text{ м}$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3
$l_{CD}, \text{ м}$	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,2	1,4
$l_{AD}, \text{ м}$	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,9
$l_{CE}, \text{ м}$	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4
$l_{EF}, \text{ м}$	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2	1,9	1,8	1,7	1,6
$a, \text{ м}$	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	0,9	0,8
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330
$\omega_1, \text{ рад/с}$	20	15	20	12	14	16	16	18	14	12

Задание 13

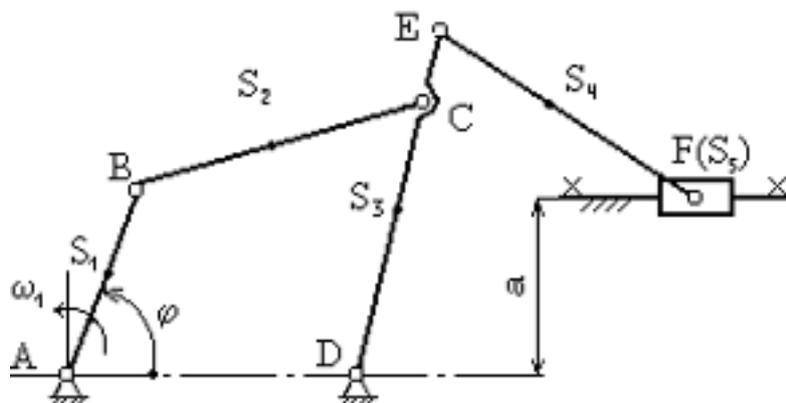


Таблица 13

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,5	0,4	0,32
$l_{BC}, \text{ м}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1
$l_{CD}, \text{ м}$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,5	1,2
$l_{CE}, \text{ м}$	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
$l_{EF}, \text{ м}$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,7	1,6	1,6	1,2
$l_{AD}, \text{ м}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,3	1
$a, \text{ м}$	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7
$\omega_1, \text{ рад/с}$	20	12	14	15	16	17	18	20	18	16
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 14

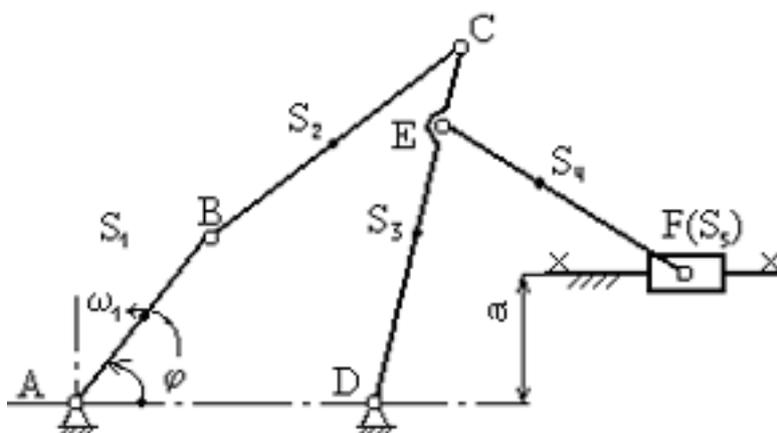


Таблица 14

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_{AB} , м	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,5	0,45	0,4	0,28	0,45
l_{BC} , м	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,3	1,5
l_{CD} , м	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,3	1,3	1,4
l_{AD} , м	1,4	1,5	1,6	1,8	1,7	1,8	1,7	1,6	1,5	1,6
l_{CE} , м	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
l_{EF} , м	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,8
a , м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,5	0,7
ω_1 , рад/с	15	20	18	16	14	12	20	12	22	17
φ , °	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 15

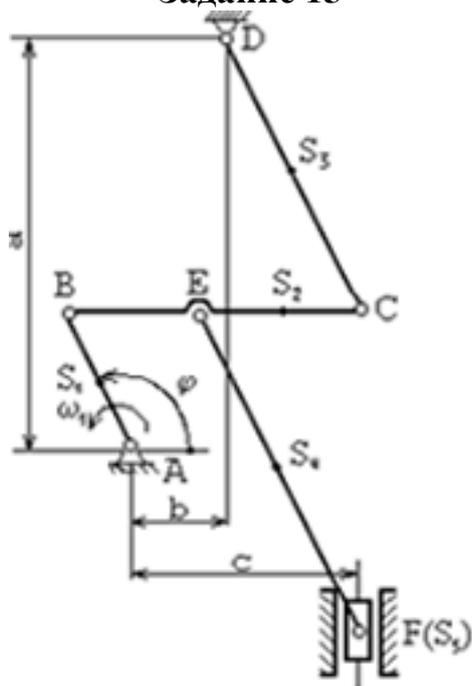


Таблица 15

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_{AB} , м	0,25	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4
$l_{BC} = l_{EF}$, м	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,6	1,5	1,6	1,4
l_{CD} , м	1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
l_{BE} , м	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,7
a , м	1,6	1,7	1,8	1,9	2	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6
$b=c/2$, м	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,6	0,75
ω_1 , рад/с	8	10	12	13	14	11	15	17	20	18
φ , °	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 16

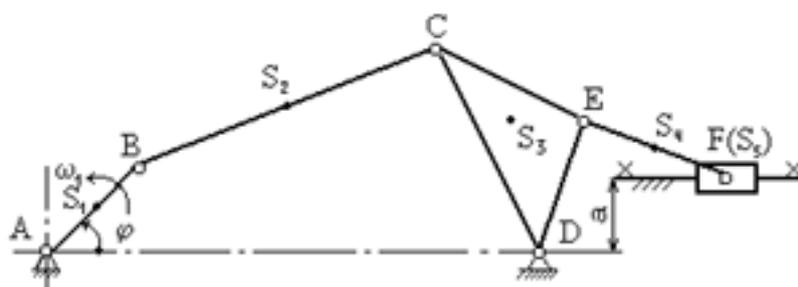


Таблица 16

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,5	0,45	0,4	0,32	0,36
$l_{BC}, \text{ м}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,6	1,4
$l_{CD}, \text{ м}$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,6	1,6
$l_{CE} = l_{DE}, \text{ м}$	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,1	1,0	0,9	1,4	1,1
$l_{AD}, \text{ м}$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7	1,7
$l_{EF}, \text{ м}$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5
$a, \text{ м}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	0,55
$\omega_1, \text{ рад/с}$	14	15	16	17	18	20	18	16	25	24
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 17

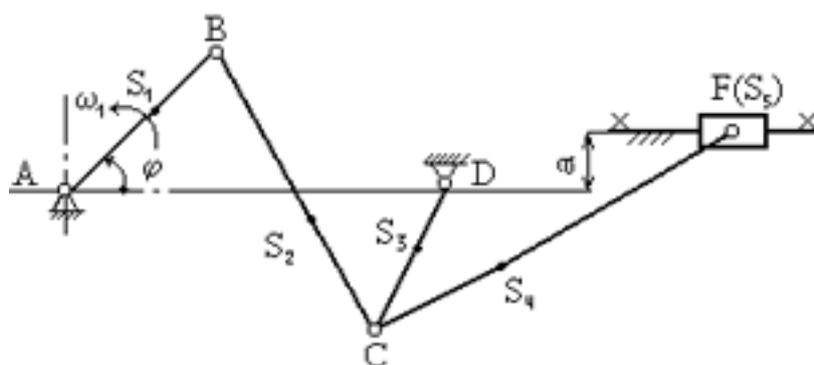


Таблица 17

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_{AB} , м	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,5	0,45	0,4	0,32	0,38
l_{BC} , м	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,6	1,5
l_{CD} , м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9
l_{AD} , м	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,6	1,7	1,7
l_{CE} , м	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8
a , м	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
ω_1 , рад/с	12	14	15	16	17	18	20	18	22	26
φ , °	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 18

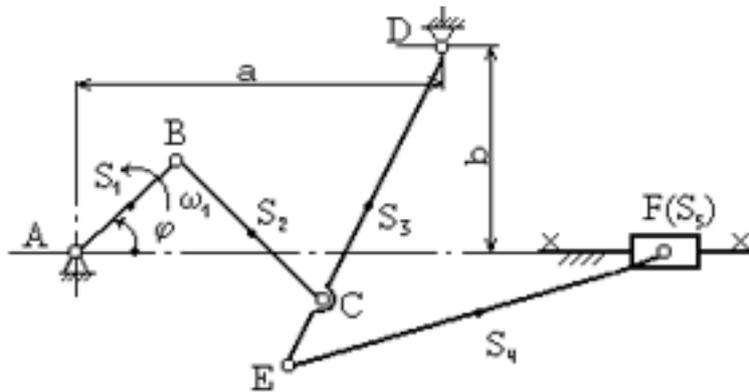


Таблица 18

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45	0,3
$l_{BC}, \text{ м}$	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,2	1,3	1,2	1,2
$l_{CD}, \text{ м}$	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,8	0,9	1	1	1
$l_{CE}, \text{ м}$	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
$l_{EF}, \text{ м}$	1,9	1,8	1,7	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4	1,5	1,6
$a, \text{ м}$	1,1	1,2	1,1	1	0,9	0,9	1	1,1	1	0,9
$b, \text{ м}$	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,7	0,5	0,7
$\omega_1, \text{ рад/с}$	18	20	16	17	16	15	14	12	18	20
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 19

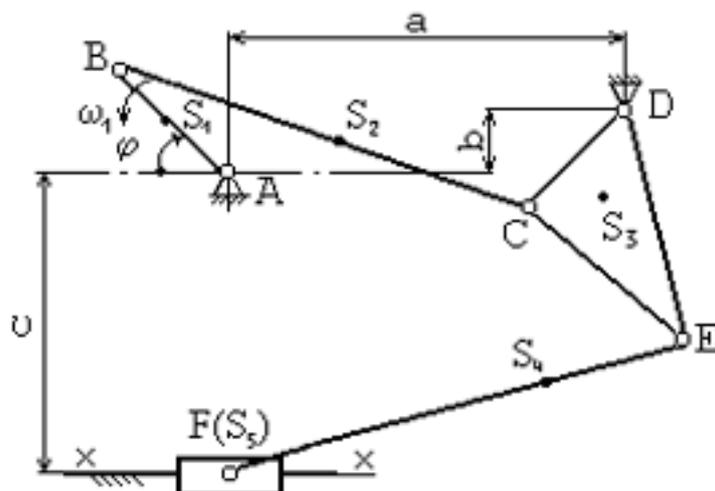


Таблица 19

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_{AB} , м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,3	0,4
l_{BC} , м	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,1	1,1
$l_{CD}=l_{CE}$, м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	0,7	0,8
l_{DE} , м	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,5	0,8	0,9
l_{EF} , м	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,2	1,3	1,2	1,3
a , м	0,9	1	1	0,8	0,9	1	0,9	1	1	0,9
b , м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,4	0,6
c , м	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4	0,4
ω_1 , рад/с	24	20	16	17	18	20	18	17	25	22
φ , °	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 20

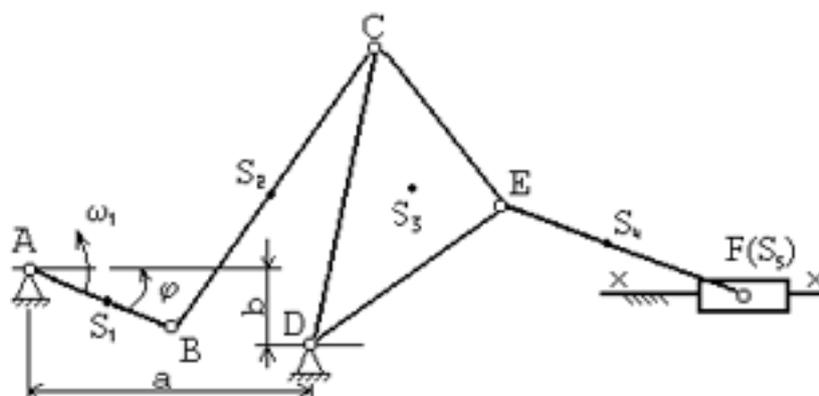


Таблица 20

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_{AB} , м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,4	0,22	0,24
l_{BC} , м	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	0,8	0,9
l_{CD} , м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,9	0,5	0,6
$l_{CE}=l_{DE}$, м	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,3	0,4
l_{EF} , м	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1	1,1
a , м	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,1	1,1
b , м	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
ω_1 , рад/с	20	22	24	15	16	17	18	20	14	25
φ , °	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 21

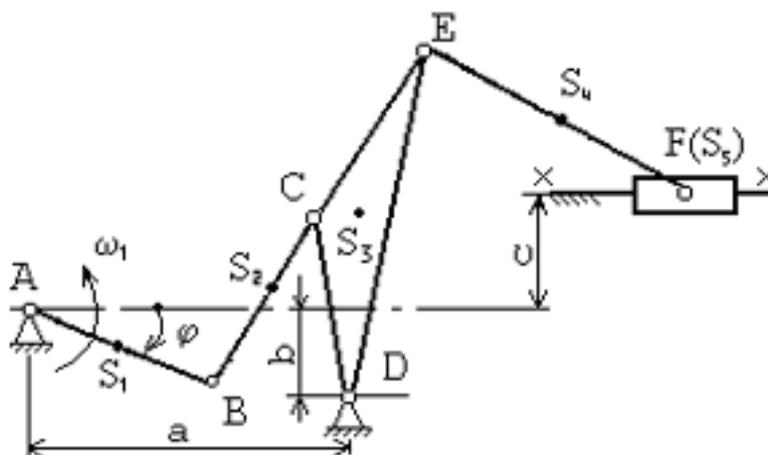


Таблица 21

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,5	0,45	0,4	0,5	0,5
$l_{BC}, \text{ м}$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,4	1,3	1,6	1,6
$l_{CD}=l_{CE}, \text{ м}$	0,7	0,8	0,9	0,9	1	1	0,9	0,8	0,9	1
$l_{ED}, \text{ м}$	1,2	0,8	0,9	0,9	1	1	0,9	0,8	1	0,9
$l_{EF}, \text{ м}$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4	1,5	1,7
$a, \text{ м}$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7	1,8
$b, \text{ м}$	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
$c, \text{ м}$	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,8	0,9
$\omega_1, \text{ рад/с}$	15	16	17	18	20	20	18	18	28	22
$\varphi, ^\circ$	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

Задание 22

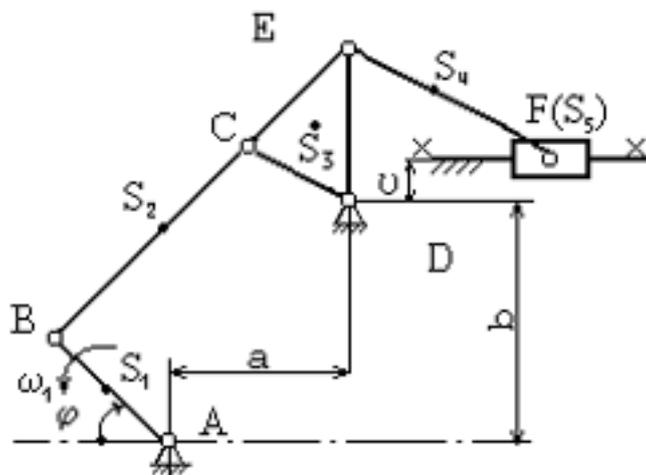


Таблица 22

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_{AB} , м	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,3	0,35	0,4	0,35	0,45
l_{BC} , м	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	1	1,1	1,3	1,2
$l_{CD} = l_{CE} = l_{DE}$, м	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
l_{EF} , м	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,7	1,6
a , м	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	1
b , м	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
c , м	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
ω_1 , рад/с	18	16	15	14	12	20	22	14	12	20
φ , °	30	60	100	130	160	200	230	260	300	330

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Теория механизмов и машин: курсовое проектирование: учебное пособие / В. А. Нилов, Ю. Б. Рукин, Р. А. Жилин, Б. Б. Еськов, И. Ю. Кирпичев. Воронеж: ВГТУ, 2010. 222 с.

2 Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / А. С. Коренько и др. Киев: Выща шк., 1970. 231 с.

3 Левитская О. Н. Курс теорий механизмов и машин / О. Н. Левитская, Н. И. Левитский. М.: Высш. шк., 1985. 277 с.

4 Теория механизмов и машин / под ред. К. В. Алехновича. Минск: Вышэйш. шк., 1970. 249 с.

5 Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. М.: Наука, 1988. 640 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ.....	3
2. ПОСТРОЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА.....	5
3. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДАМИ ПЛАНОВ СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ.....	6
4. УГЛОВЫЕ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ ВРАЩЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ.....	10
5. СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА.....	11
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАВНОВЕШИВАЮЩЕЙ СИЛЫ НА КРИВОШИПЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРЕМЫ Н.Е. ЖУКОВСКОГО.....	12
7. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ.....	13
8. СХЕМЫ ЗАДАНИЙ.....	13
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	35

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольных работ для студентов
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств», профили: «Технология машиностроения»,
«Металлообрабатывающие станки и комплексы»
заочной формы обучения

Составитель:

Битюцких Ольга Константиновна

Издается в авторской редакции

Компьютерный набор О. К. Битюцких

Подписано к изданию 24.12.2021.

Уч.-изд. л. 2,3.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84