

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

КУРСОВАЯ РАБОТА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Учебные задания

САМАРА 1992

Составители: А. А. Авраменко, В. В. Архипов, С. М. Аверкиев, Н. З. Балухов, В. А. Иванов

УДК 531.8

Курсовая работа по теоретической механике: Учебные задания / Сост. А. А. Авраменко, В. В. Архипов, С. М. Аверкиев, Н. З. Балухов, В. А. Иванов. Самар. авиац. ин-т. Самара, 1992. 50 с.

Приводятся варианты заданий для курсовой работы по теоретической механике, основные требования к ее содержанию и оформлению, а также пример выполнения работы.

Учебные задания предназначены для студентов 2-го курса факультетов летательных аппаратов и двигателей летательных аппаратов. Разработаны на кафедре теоретической механики Самарского авиационного института.

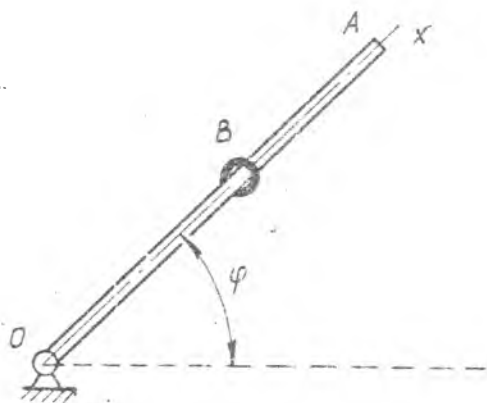
Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С. П. Королева

Рецензент: А. И. Шулелов

ЗАДАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

В а р и а н т 1

Механическая система (рис. 1) состоит из стержня OA , вращающегося вокруг горизонтальной оси O , и кольца B , скользящего по стержню без трения. Длина стержня l_{OA} , его масса m_1 . Масса кольца m_2 , размерами его можно пренебречь. В начальный момент времени система покоилась, причем стержень составлял с горизонтальной осью угол φ кольцо B находилось на расстоянии x_0 от оси O .



Р и с. 1

Рассмотреть движение данной системы на двух этапах.

1. Под действием внешнего момента стержень начал вращаться с постоянной угловой скоростью ω_1 .

2. С момента времени t_1 движение системы продолжается под действием только силы тяжести.

Определить:

закон движения кольца по стержню и силу давления на стержень на первом этапе;

закон изменения внешнего момента $M = M(t)$, обеспечивающего постоянную угловую скорость стержня;

закон движения системы на втором этапе до того момента времени, когда кольцо соскочит со стержня;

величину и направление реакции, возникающей в опоре O ;

проверить правильность полученных результатов, пользуясь интегралом энергии.

Числовые значения всех величин взять в табл. I.

Т а б л и ц а I

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l_{OA}	м	1,0	1,0	0,8	0,5	0,6
m_1	кг	0,5	0,5	1,0	0,4	0,5
m_2	кг	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05
x_0	м	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2
φ_0	рад	0	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0
ω_1	рад/с	2π	5π	π	2π	2π
t_1	с	0,25	0,2	0,3	0,25	0,5

В а р и а н т 2

Механическая система (рис. 2) состоит из стержня OA , вращающегося вокруг горизонтальной оси O , и кольца B , скользящего по стержню без трения. Длина стержня l_{OA} , его масса m_1 . Масса кольца m_2 , размерами его можно пренебречь. Кольцо связано с осью пружиной с жесткостью C . В начальный момент времени система покоилась, причем стержень составлял с горизонтальной осью угол φ , кольцо B находилось на расстоянии x от точки O , пружина в этом положении не деформирована.

Рассмотреть движение данной системы на двух этапах:

1. Под действием внешнего момента стержень начал вращаться с постоянной угловой скоростью ω_1 .

2. С момента времени t_1 движение системы продолжается под действием только силы тяжести.

Определить:

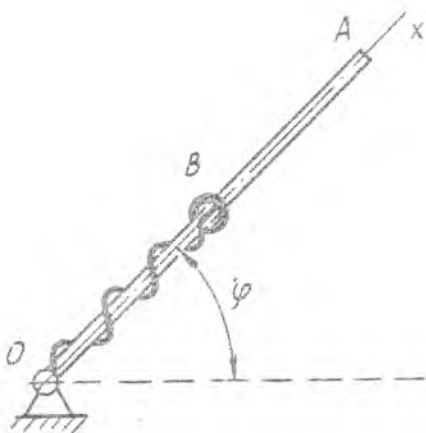
закон движения кольца по стержню и силу давления на стержень на первом этапе;

закон изменения внешнего момента $M = M(t)$, обеспечивавшего постоянную угловую скорость стержня;

закон движения системы на втором этапе до момента времени t_2 ; величину и направление реакции, возникающей в опоре O;

проверить правильность полученных результатов, пользуясь интегралом энергии.

Числовые значения всех величин взять в табл. 2.



Р и с. 2

Т а б л и ц а 2

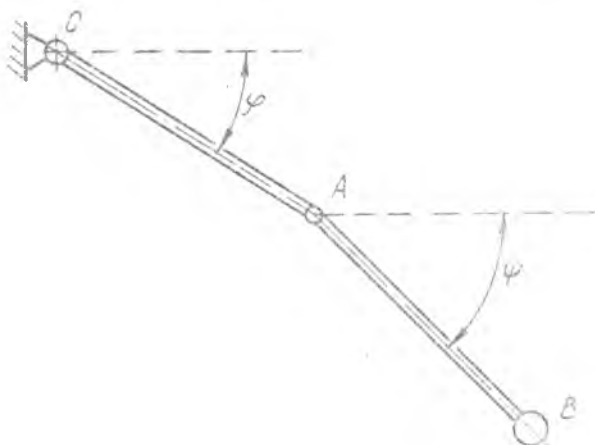
Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l_{0K}	м	1,0	1,0	0,8	0,5	0,3
m_1	кг	0,5	0,5	1,0	0,4	0,5
m_2	кг	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05
x_0	м	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2
φ_0	рад	0	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0
ω_1	рад/с	2π	5π	π	2π	2π
c	Н/м	20	2	5	30	10
t_1	с	0,25	0,2	0,5	0,25	0,3

В а р и а н т 3

Механическая система (рис. 3) состоит из двух стержней OA и AB , вращающихся в горизонтальной плоскости. Стержни связаны между собой цилиндрическим шарниром A . На конце стержня AB прикреплен шарик B . Длины стержней $l_{OA} = l_{AB} = l$, масса стержня OA m_1 . Стержень AB считается невесомым. Масса шарика m_2 , размерами его можно пренебречь. В начальный момент времени система покоилась, причем стержни занимали такое положение, при котором $\varphi = \varphi_0$, $\psi = \psi_0$.

Рассмотреть движение данной системы на двух этапах:

1. Под действием внешнего момента стержень OA начал вращаться с постоянной угловой скоростью ω_1 .
2. С момента времени t_1 движение системы продолжается под действием только силы тяжести.



Р и с. 3

Определить:

закон движения стержня AB и силу давления в шарнире A на первом этапе;

закон изменения внешнего момента $M = M(t)$, обеспечивающего постоянную угловую скорость стержня OA ;
 закон сближения системы на втором этапе, начиная с момента времени t_2 ;
 величину и направление реакции, возникающей в опоре O ;
 проверить правильность полученных результатов, пользуясь интегралом энергии.

Числовые значения всех величин взять в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

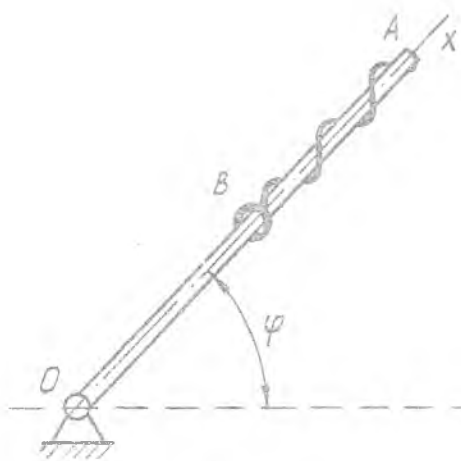
Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l	м	1,0	1,0	0,8	0,5	0,6
m_1	кг	0,5	0,5	1,0	0,4	0,5
m_2	кг	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05
φ_0	рад	0	$\pi/4$	0	$\pi/4$	$\pi/2$
ϱ_0	рад	0	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0
ω_1	рад/с	2π	5π	π	2π	2π
t_1	с	0,25	0,2	0,5	0,25	0,5
t_2	с	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0

В а р и а н т 4

Механическая система (рис. 4) состоит из стержня OA , вращающегося вокруг горизонтальной оси O , и кольца B , скользящего по стержню без трения. Длина стержня l_{OA} , его масса m_1 . Масса кольца m_2 , размерами его можно пренебречь. Кольцо связано с точкой A пружиной с жесткостью C . В начальный момент времени система покоилась, причем стержень составлял с горизонтальной осью угол φ_0 , кольцо B находилось на расстоянии ϱ_0 от оси O , пружина в этом положении не деформирована.

Рассмотреть движение данной системы на двух этапах:

1. Под действием внешнего момента стержень начал вращаться с постоянной угловой скоростью ω .



Р и с. 4

2. С момента времени t_1 движение системы продолжается под действием только силы тяжести.

Определить:

закон движения кольца по стержню и силу давления на стержень на первом этапе;

закон изменения внешнего момента $M = M(t)$, обеспечивающего постоянную угловую скорость стержня;

закон движения системы на втором этапе до момента времени t_2 :

величину и направление реакции, возникающей в опоре O;

проверить правильность полученных результатов, пользуясь интегралом энергии.

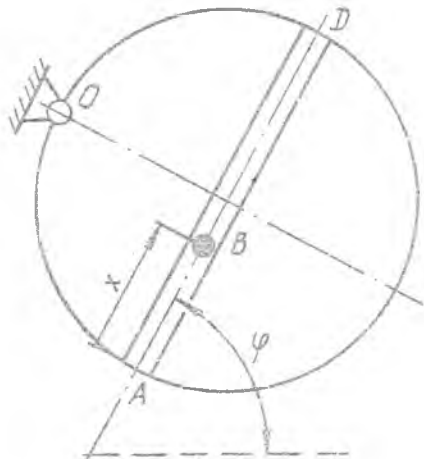
Числовые значения всех величин взять в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l_{0A}	м	1,0	1,0	0,8	0,5	0,6
m_1	кг	0,5	0,5	1,0	0,4	0,5
m_2	кг	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05
C	Н/м	10	5	20	25	10
z_0	м	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2
φ_0	рад	0	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0
ω_1	рад/с	2π	5π	π	2π	2π
t_1	с	0,25	0,2	0,5	0,25	0,5
t_2	с	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0

В а р и а н т 5

Механическая система (рис.5) состоит из диска, вращающегося вокруг горизонтальной оси O , и шарика B , перемещающегося в канале AD без трения. Диаметр диска d , его масса m_1 . Масса шарика m_2 , размерами его можно пренебречь. В начальный момент времени система покоилась, причем канал AD составлял угол φ_0 с горизонтальной плоскостью, шарик B находился на расстоянии z_0 от точки A .



Р и с. 5

1. Под действием внешнего момента диск OA начал вращаться с постоянной угловой скоростью ω_1 .

2. С момента времени t_1 движение системы продолжается под действием только силы тяжести.

Ср \ddot{u} д \ddot{u} д \ddot{u} д \ddot{u} ть:

закон движения шарика и силу давления шарика на стенки на первом этапе;

закон изменения внешнего момента $M = M(t)$, обеспечивающего постоянную угловую скорость диска;

закон движения системы на втором этапе до того момента времени, когда шарик выскочит из диска;

величину и направление реакции, возникающей в опоре O ;

проверить правильность полученных результатов, пользуясь интегралом энергии.

Исходные значения всех величин взять в табл. 5.

Таблица 5

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
d	м	1,0	1,0	0,8	0,5	0,6
m_1	кг	0,5	0,5	1,0	0,4	0,5
m_2	кг	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05
x_0	м	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2
φ_0	рад	0	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0
ω_1	рад/с	2π	5π	π	2π	2π
t_1	с	0,25	0,2	0,5	0,25	0,5

В а р и а н т 6

Механическая система (рис. 6) состоит из стержня CD длиной l и массой m_c , трубки MN длиной $(l_1 + l_2)$ и массой $m_{тр}$, шарика F массой m_w , приклепленного к пружине MF с жесткостью C . В начальный момент система находилась в покое, причем шарик занимал в трубке положение x_0 . На шарик действует постоянная сила, проекция которой на ось x имеет величину F_x . Коэффициент трения скольжения $f = 0,1$.

Исследовать поведение системы на двух интервалах движения:

I. Интервал $0 - t_1$. Трубка вращается с постоянной угловой скоростью под действием внешнего момента $M = M(t)$.

Определить:

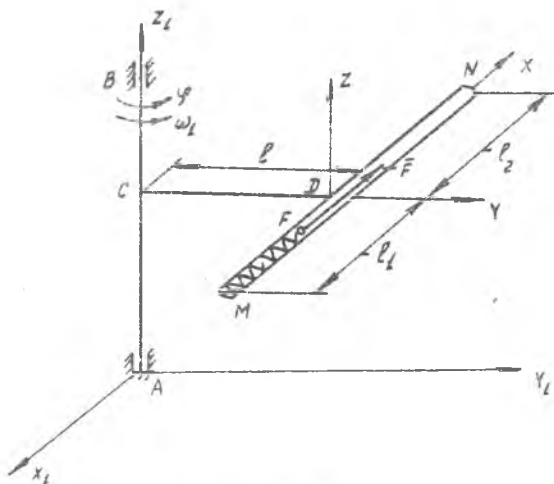
закон движения шарика в трубке $x = x(t)$;

закон изменения силы давления шарика на стенку трубки $N = N(t)$, а также величину силы при $t = t_1$;

закон изменения величины внешнего момента, обеспечивающего постоянную угловую скорость трубки;

кинетическую энергию системы в момент времени t_1 ;

закон изменения величин реакций в опорах A и B в проекции на оси неподвижной системы координат $AxOx$, а также величины названных реакций в момент времени t_1 .



Р и с. 6

2. Интервал $t_1 - t_2$. Действие внешнего момента прекращается. На этом этапе:

составить дифференциальные уравнения движения системы;
найти закон движения системы.

Трубку принять за стержень длиной $(l_1 + l_2)$.

Необходимые данные приведены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l	м	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
l_1	м	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
l_2	м	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
m_0	кг	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$m_{тр}$	кг	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
$m_{ш}$	кг	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$F_{ш}$	Н	5,0	10,0	-10,0	-5,0	0

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
α_0	м	0	0,2	-0,2	0,4	-0,4
ω_1	рад/с	π	$-\pi$	-2π	-2π	10π
t_1	с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
AB	м	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
AC	м	0,5	1,5	2,0	1,0	4,0
c	Н/м	100	150	400	200	250

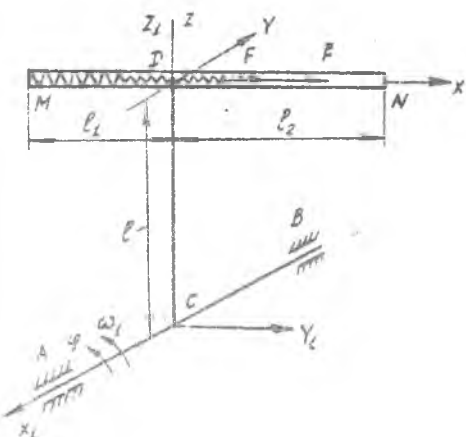
В а р и а н т 7

Механическая система (рис.7) состоит из стержня CD длиной l и массой m_c , трубки MN , длиной l_1+l_2 и массой $m_{тр}$, шарика F массой $m_{ш}$, прикрепленного к двум последовательно расположенным пружинам с жесткостями c_1 и c_2 . В начальный момент система находилась в покое. Шарик в этот момент времени занимал положение α_0 . На шарик действует постоянная сила \vec{F} , проекция которой на ось x' имеет величину F_2 . Коэффициент трения скольжения $f = 0,1$.

Исследовать поведение системы на двух интервалах движения:

1. Интервал $0-t_1$.

Трубка вращается с постоянной угловой скоростью под действием внешнего момента $M = M(t)$.



Р и с. 7

На этом интервале определить:

закон движения шарика в трубке $y=y(t)$;

закон изменения силы давления шарика на стенку трубки $N=N(t)$,
а также величину этой силы при $t=t_1$;

закон изменения величины внешнего момента, обеспечивающего
постоянную угловую скорость трубки;

кинетическую энергию системы в момент времени t_1 ;

закон изменения величин реакций в опорах A и B в проекции на ось неподвижной системы координат Ox_1, y_1, z_1 , а также величины названных реакций в момент времени t_1 .

2. Интервал t_1-t . Действие внешнего момента M прекращается.

На этом интервале:

составить дифференциальные уравнения движения системы;

найти закон движения системы.

Примечание. трубку MN принять за однородный стержень.

Необходимые данные приведены в табл. 7.

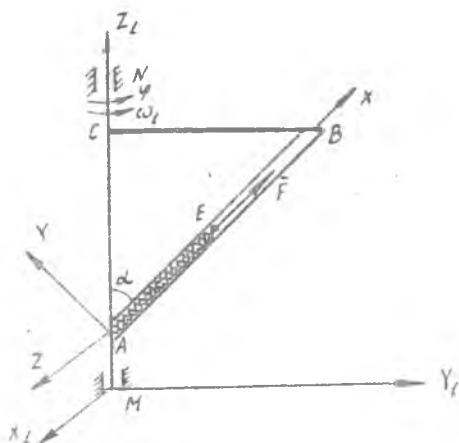
Таблица 7

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l	м	0,1	0,5	0,3	0,2	0,1
l_1	м	3,0	5,0	4,0	2,0	3,0
l_2	м	4,0	5,0	3,0	4,0	5,0
m_0	кг	0,5	0,2	0,1	1,0	0,6
m_{TP}	кг	1,0	0,5	2,0	0,1	1,5
$m_{ш}$	кг	0,1	0,01	0,05	0,2	0,15
F_x	Н	2,0	1,0	-1,0	-2,0	3,0
y_0	м	0,1	-0,05	0,05	-0,1	0
AB	м	2,0	1,0	1,5	0,5	0,5
AC	м	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0
ω_1	рад/с	2,0	1,0	-1,0	-2,0	0,5
t_1	с	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
G_1	Н/м	300	200	100	500	100
G_2	Н/м	150	120	400	200	300

В а р и а н т 8

Механическая система (рис. 8) состоит из трубки AB , стержня CB и шарика E , прикрепленного к двум параллельным пружинам с жесткостями C_1 и C_2 .

Длина трубки l . Масса трубки $m_{тр}$, стержня $m_{ст}$, шарика $m_{ш}$. Трубка образует с вертикальной осью угол α . В начальный момент система находилась в покое, шарик занимал положение x_0 . На шарик действует постоянная сила \vec{F} , проекция которой на ось x имеет величину F_x . На первом интервале движения трубка вращается с постоянной угловой скоростью под действием внешнего момента $M = M(t)$.



Р и с. 8

На втором участке действие момента прекращается. Коэффициент трения скольжения $f = 0,2$.

На первом участке движения определить:

закон относительного движения шарика по трубке;

положение и скорость шарика в трубке в момент времени t_1 ;

закон изменения силы давления шарика на стенку трубки;

величину силы давления при $t = t_1$;

закон изменения величины внешнего момента, обеспечивающего постоянство угловой скорости;

кинетическую энергию системы в момент времени t_1 ;

закон изменения величины реакций в опорах M и N в проекции на неподвижные оси координат;

величины названных реакций в момент времени t_1 .

На втором участке:

составить дифференциальные уравнения движения системы;

найти закон движения системы.

П р и м е ч а н и е. Трубку принять за стержень.

Необходимые данные приведены в табл. 8.

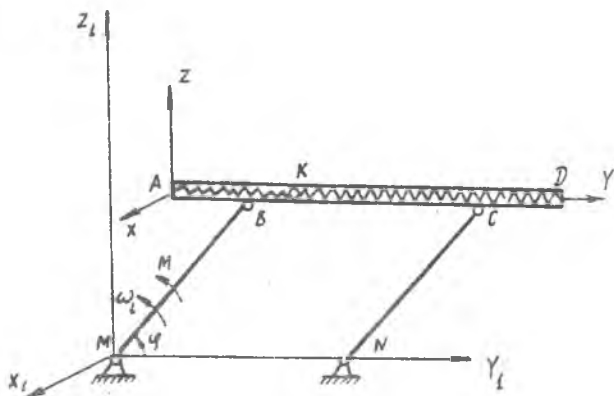
Т а б л и ц а 8

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
ℓ	м	4,0	8,0	6,0	10,0	12,0
$m_{ст}$	кг	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$m_{тр}$	кг	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
$m_{ш}$	кг	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
F_x	Н	1,0	-1,0	2,0	-2,0	3,0
x_0	м	0,5	4,0	2,0	5,0	3,0
α	рад	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/2$	$-\pi$	$5\pi/6$
ω_1	рад/с	2,0	-1,0	1,0	-2,0	0,5
$AM = NC$	м	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0
t_1	с	1,0	0,15	0,25	0,4	0,2
C_1	Н/м	500	400	300	200	100
C_2	Н/м	100	200	300	400	500

В а р и а н т 9

Механическая система (рис. 9) состоит из трубки AD , стержня MB и NC ($MB=NS$; $MB \parallel NC$), шарика K , прикрепленного к пружинам AK и KD с жесткостями C_1 и C_2 . Длина пружины AK в недеформированном состоянии $\ell_0 = 0,1$ м. Масса трубки $m_{то}$, стержня $m_{ст}$, шарика $m_{ш}$. Длина стержня ℓ . В начальный момент система находилась в покое. Под действием момента $M = M(t)$ стержень начинает вращаться с постоянной угловой скоростью ω_1 . По истечении момента времени t_1 момент M прекращает свое действие. Коэффициент трения скольжения $f = 0,2$.

На первом участке движения ($0 < t < t_1$) определить:
 закон относительного движения шарика по трубке;
 положение и скорость шарика в момент времени t_1 :



Р и с. 9

закон изменения силы давления шарика на стенку трубки;
 величину силы давления при $t = t_1$;
 кинетический момент системы относительно оси Z в момент времени t_1 ;

закон изменения величины внешнего момента;

работу $A = A(t)$ момента $M = M(t)$;

На втором участке ($t > t_1$) :

составить дифференциальные уравнения движения системы;

найти закон движения системы.

П р и м е ч а н и е. Трубку принять за стержень.

Необходимые данные приведены в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

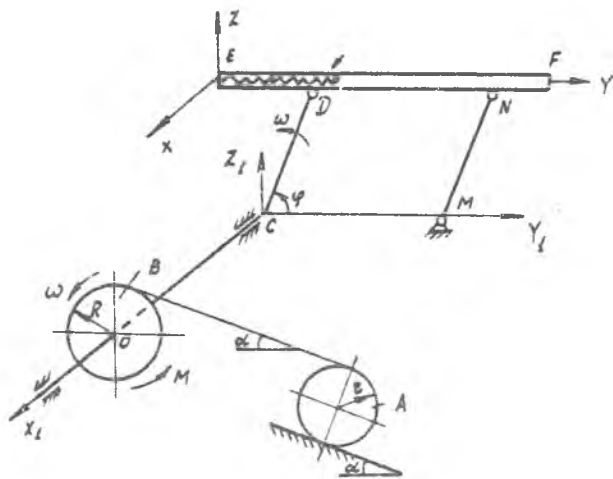
Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l	м	1,0	1,5	2,0	0,5	0,2
$BC = l_1$	м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$AB = CD = l_2$	м	0,5	1,0	1,5	0,1	2,0
$m_{ст}$	кг	1,0	2,0	0,5	3,0	4,0

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
m_{TP}	кг	10,0	5,0	1,0	4,0	2,0
$m_{ш}$	кг	0,1	0,01	0,05	0,2	0,15
ω_1	рад/с	1,0	2,0	0,1	-2,0	-0,1
t_1	с	1,0	0,5	0,4	0,7	0,1
C_1	Н/м	100	150	200	250	300
C_2	Н/м	350	400	450	500	550

В а р и а н т 10

Механическая система (рис.10) состоит из однородного катка A , блока B , закрепленного на валу OC , стержней BC и $MN(BC=MN:DC \parallel MN)$, трубки EF , в которой находится шарик K , прикрепленный к пружине, длина которой в недеформированном состоянии равна ℓ_0 . В начальный момент система находилась в покое. Затем на первом интервале движения под действием внешнего момента $M = M(t)$ блок B начал вращаться с угловой скоростью ω . Через интервал времени t_1 момент M прекращает свое действие и система движется под действием сил тяжести. Масса катка m_A , блока m_B , стержней m_{CB} , m_{MN} , трубки m_{TP} , тарика $m_{ш}$, коэффициент трения качения $f_k = 0,002$, коэффициент трения скольжения шарика о стенку трубки $f = 0,3$.

Для первого интервала движения определить:
 закон относительного движения шарика;
 скорость и положение шарика при $t = t_1$;
 закон изменения силы давления шарика на стенку трубки;
 величину силы давления при $t = t_1$;
 кинетический момент системы относительно оси Oz_1 в момент времени t_1 ;
 закон изменения величины внешнего момента;
 работу внешнего момента за время t_1 ;
 натяжение нити.



Р и с. 10

На втором интервале движения:
составить дифференциальные уравнения движения системы;
найти закон движения системы.

Трубку принять за стержень длиной EF , $R/r = 2$.

Необходимые данные приведены в табл. 10.

Т а б л и ц а 10

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
$CD=MN$	м	1,0	0,5	0,3	0,75	0,6
$ED=NF$	м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
DN	м	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
R	м	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
L_0	м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Определить:

закон относительного движения шарика в канале $x = x(t)$.

изменение силы давления шарика на стенки канала $N = N(t)$,
а также величину силы $N(t_1)$;

изменение внешнего момента, обеспечивающего постоянную угловую скорость диска;

изменение величины реакций в опорах A и B в проекциях на подвижные оси координат Ax_1, y_1, z_1 , а также величины этих реакций при $t = t_1$;

определить кинетическую энергию системы в момент времени t_1 .

Интервал $t_1 - t$. Действие внешнего момента прекращается;

составить дифференциальные уравнения движения системы;

найти закон движения системы.

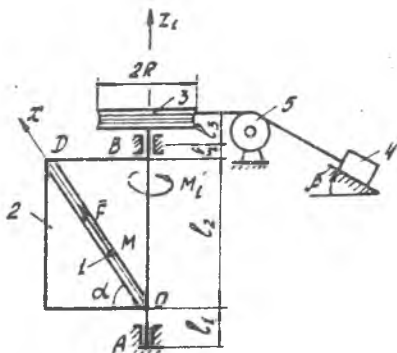
Необходимые для выполнения задания данные приведены в табл. II.

Т а б л и ц а II

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		I	2	3	4	5
l_1	м	0,5	1,0	1,2	1,6	1,8
l_2	м	1,5	2,0	1,5	2,0	2,5
R	м	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5
m_1	кг	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
m_2	кг	3,0	5,0	6,0	7,0	8,0
z_0	м	0,15	0,1	0,2	0,3	0,4
F_2	Н	30	25	35	40	50
α	рад	$\frac{1}{12} \pi$	$\frac{2}{3} \pi$	$\frac{3}{4} \pi$	$\frac{5}{6} \pi$	$\frac{11}{12} \pi$
ω_1	рад/с	$-\pi$	π	2π	3π	4π
t_1	с	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5

В а р и а н т 12

Шарик M массой m_1 (рис.12) рассматриваемый как материальная точка, под действием постоянной силы F_{zx} перемещается по цилиндрическому каналу однородной прямоугольной пластины массой m_2 , вращающейся вокруг оси Az_1 . Момент M_1 приложен к однородному диску 3 массой m_3 и радиусом R . Диск 3 с помощью нити перекидывается вверх по гладкой плоскости груза 4 массой m_4 . В начальный момент времени система находилась в покое. Массой нити и блока 5 пренебречь.



Р и с. 12

Исследовать движение системы на двух интервалах времени.

Интервал $0 - t_1$. Пластина вращается с постоянной угловой скоростью ω_1 под действием внешнего момента $M_1 = M_1(t)$.

Определить:

1. Закон относительного движения шарика в канале $x = x(t)$.

2. Скорость шарика в момент его вылета из канала (в точке D).

3. Закон изменения силы давления шарика на стенки канала

$N = N(t)$, а также величину силы $N(t_1)$.

4. Закон изменения внешнего момента, обеспечивающего постоянную угловую скорость пластины.

5. Кинетическую энергию системы в момент времени t_1 .

6. Изменение величин реакций в опорах A и B в проекциях на оси подвижной системы координат Ax_1, y_1, z_1 , а также величину этих реакций при $t = t_1$ (без учета груза 4).

Интервал $t_1 - t$. Действие момента $M_1(t)$ прекращается.

7. Составить дифференциальные уравнения движения системы.

8. Найти закон движения системы.

Необходимые для выполнения задания данные приведены в табл. 12.

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l_1	м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
l_2	м	1,0	0,8	0,6	1,2	1,4
l_3	м	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2
R	м	0,05	0,03	0,1	0,1	0,2
m_1	кг	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3
m_2	кг	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0
m_3	кг	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5
m_4	кг	0,5	0,4	0,6	0,8	1,0
F_x	Н	5	10	15	25	20
x_0	м	0,1	0,15	0,05	0,2	0,3
α	рад	$\pi/3$	$\pi/4$	$\pi/6$	$\frac{5}{12}\pi$	$\pi/3$
β	рад	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/3$
ω_1	рад/с	π	2π	$-\pi$	3π	π
t_f	с	0,4	0,1	0,15	0,05	0,2

В а р и а н т 13

Механическая система (рис. 13) состоит из шарика 1, барабанов 2 и 5, конических колес 3 и 4 и груза 6. Шарик перемещается по прямолинейному каналу, находящемуся в одной плоскости с осью барабана 2. Барабаны рассматривать как сплошные однородные цилиндры, моменты инерции колес даны в табл. 13. В подшипниках барабана 5 при подъеме груза 6 возникает постоянный момент сопротивления $M_{тр}$. В начальный момент времени система находилась в покое.

Исследовать движение системы на двух интервалах времени.

Интервал $0-t_f$. Цилиндр вращается с постоянной угловой скоростью ω_1 под действием внешнего момента $M_1 = M_1(t)$.

Определить:

1. Закон относительного движения шарика в канале $x = x(t)$.

2. Скорость шарика в момент достижения оси вращения.

3. Изменение силы давления шарика на стенки канала $N = N(t)$, а также величину силы $N(t_1)$.

4. Момент пары сил, действующей со стороны конического колеса 4 на колесо 3.

5. Закон изменения внешнего момента, обеспечивающего постоянную угловую скорость барабана (влиянием тела 4 на колесо 3 пренебречь).

6. Определить кинетическую энергию системы в момент времени t_1 .

7. Изменение величины реакций в опорах A и B в проекциях на подвижные оси координат Ax, Ay, Az , а также эти силы при $t = t_1$ (без учета влияния колеса 4 на тело 3).

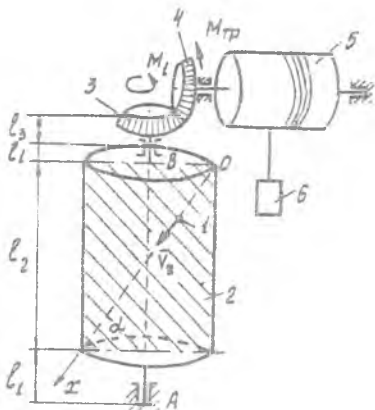
Интервал $t_1 - t$. Действие переменного момента $M_1(t)$ прекращается.

8. Составить дифференциальные уравнения движения системы.

9. Найти закон движения системы.

Необходимые для выполнения задания данные приведены в табл. 13.

Р и с. 13



Т а б л и ц а 13

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l_1	м	0,1	0,05	0,1	0,05	0,15
l_2	м	0,6	0,4	0,5	0,4	0,6
l_3	м	0,05	0,07	0,05	0,04	0,07

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
R_3^{CP}	м	0,05	0,15	0,1	0,06	0,1
R_4^{CP}	м	0,1	0,15	0,15	0,1	0,12
R_5	м	0,16	0,12	0,1	0,06	0,1
m_1	кг	2	3	3	2	3
m_2	кг	20	15	20	10	16
m_3	кг	8	6	10	8	4
m_5	кг	8	12	10	15	10
m_6	кг	15	25	30	20	35
J_3	кг м ²	0,08	0,05	0,1	0,15	0,2
L_4	кг м ²	0,12	0,1	0,15	0,12	0,2
M_{TP}	Нм	—	5	2	4	5
α	рад	$\pi/4$	$\frac{5}{12}\pi$	$\pi/3$	$\pi/4$	$\pi/3$
ω_1	рад/с	-3π	-2π	3π	2π	$\frac{2}{3}\pi$
x_0	м	0,08	0,04	0,05	0,03	0,07
t_1	с	0,25	0,15	0,20	0,1	0,15

В а р и а н т 14

В эпилциклическом механизме (рис. 14) бегающая однородная шестеренка 2 радиуса r и массы m насажена на кривошип 3, вращающийся вокруг оси неподвижной шестеренки 4 радиуса R под действием момента M_1 . Шарик M массой m_1 , рассматриваемый как материальная точка, перемещается по цилиндрическому каналу в шестеренке 2. Момент инерции кривошипа равен J , участок O_1O_2 звена 3 имеет массу m_3 , участок AO_1 — массу m_4 . Механизм расположен в горизонтальной плоскости. В начальный момент времени сис-

тема находилась в покое, угол $\varphi = \varphi_0 = 0$, ось Ox была горизонтальной.

Исследовать движение системы на двух интервалах времени.

Интервал $0 - t_1$. Кривошип вращается с постоянной угловой скоростью ω_3 под действием внешнего момента $M_1 = M_1(t)$.

Определить:

1. Закон движения подвижной шестеренки.

2. Закон относительного движения шарика в канале $x = x(t)$.

3. Изменение силы давления шарика на стенки канала $N = N(t)$, а также величину силы $N(t_1)$.

4. Скорость шарика в момент вылета его из канала.

5. Изменение величин реакций в опорах A и B в проекциях на подвижные оси координат Ax, Ay, z_1 (телом I пренебречь).

6. Кинетический момент и приведенный момент инерции системы относительно неподвижной оси Oz (без учета тела I).

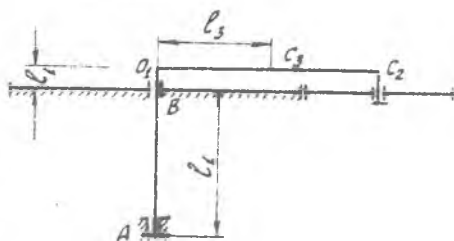
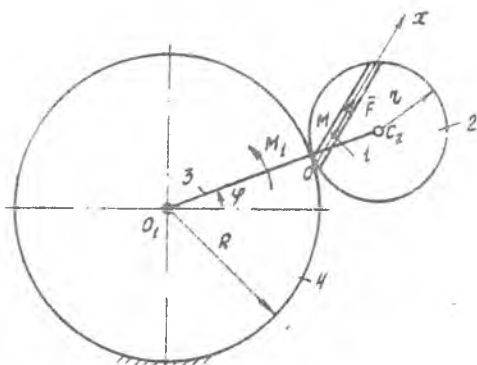
7. Определить кинетическую энергию системы в момент времени t_1 .

Интервал $t_1 - t$. Действие переменного момента $M_1(t)$ прекращается, к кривошипу прикладывается постоянный момент M .

8. Составить дифференциальные уравнения движения системы.

9. Найти закон движения системы.

Необходимые для выполнения задания данные приведены в табл. 14.



Р и с. 14

Т а б л и ц а 14

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l_1	м	0,3	0,35	0,2	0,3	0,4
l_2	м	0,07	0,06	0,05	0,04	0,05
l_3	м	0,2	0,25	0,15	0,2	0,25
r	м	0,15	0,2	0,15	0,17	0,2
R	м	0,3	0,4	0,3	0,35	0,4
m_1	кг	0,2	0,15	0,2	0,3	0,25
m_2	кг	4,0	3,5	2,0	1,5	3,0
m_3	кг	3	2	1	4	5
m_4	кг	5	2	1	3	4
x_0	м	0,02	0,04	0,01	0,02	0,03
F_x	Н	20	15	25	20	30
J	кг·м ²	0,1	0,08	0,05	0,06	0,07
M	Нм	10	15	20	30	40
α	рад	$\frac{7}{12} \pi$	$\frac{5}{8} \pi$	$\frac{2}{3} \pi$	$\frac{3}{4} \pi$	$\frac{2}{3} \pi$
ω_3	рад/с	$\frac{7}{2} \pi$	π	2π	$\frac{5}{2} \pi$	3π
t_1	с	0,09	0,08	0,05	0,06	0,07

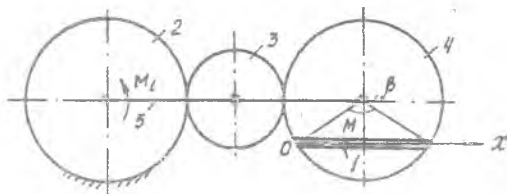
В а р и а н т 15

В планетарном механизме (рис. 15) радиусы колес 2 и 4 одинаковы, колесо 2 неподвижно. По цилиндрическому каналу в колесе 4 под действием пружины и силы инерции перемещается шарик 1, рассматриваемый как материальная точка. Механизм расположен в горизонтальной плоскости. Колеса - сплошные однородные диски, кривошип 5 считается невесомым. В начальный момент времени система находилась в покое.

Исследовать движение системы на двух интервалах времени.

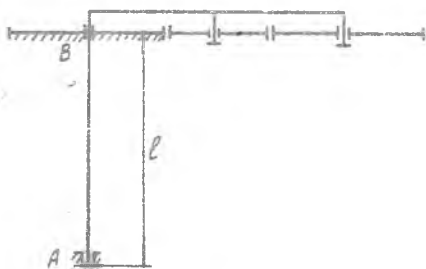
Интервал $0-t_1$.

Кривошип вращается с постоянной угловой скоростью ω_5 под действием внешнего момента $M_1 = M_1(t)$.



Определить:

1. Закон движения колеса 3.
2. Закон относительного движения шарика в канале $x = x(t)$.
3. Скорость шарика в момент выхода его из канала колеса 4 и время его движения в канале.
4. Изменение силы давления шарика на стенки канала $N = N(t)$, а также величину силы $N(t_1)$.



Р и с. 15

5. Закон изменения внешнего момента, обеспечивающего постоянную угловую скорость вращения кривошипа.

6. Изменение величины реакций в опорах A и B в проекциях на подвижные оси координат Ax_1, y_1, z_1 для произвольного момента времени, а также эти силы при $t = t_1$.

7. Определить кинетическую энергию системы в момент времени t_1 .

Интервал $t_1 - t$. Действие переменного момента $M_1(t)$ прекращается, к кривошипу прикладывается постоянный момент M .

8. Составить дифференциальные уравнения движения системы.

9. Найти закон движения системы.

Необходимые для выполнения задания данные приведены в табл. 15.

Т а б л и ц а 15

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
m_1	кг	0,4	0,6	0,5	0,7	0,6
m_2	кг	10	15	10	20	8
m_3	кг	20	25	20	30	20
R_2, R_4	м	0,35	0,4	0,3	0,45	0,3
R_3	м	0,15	0,2	0,2	0,25	0,15
l	м	1,1	0,7	1,0	0,9	0,8
l_0	Н/м	12	15	20	10	8
l_0	м	0,3	0,2	0,25	0,4	0,25
x_0	м	0,12	0,08	0,1	0,09	0,05
M	Н·м	15	20	25	30	35
β	град	$\frac{5}{8}\pi$	$\frac{7}{12}\pi$	$\frac{2}{3}\pi$	$\frac{3}{4}\pi$	$\frac{2}{3}\pi$
ω_0	рад/с	π	$\frac{3}{2}\pi$	2π	$\frac{3}{2}\pi$	3π
t_1	с	0,8	0,9	0,1	0,15	0,05

В а р и а н т 16

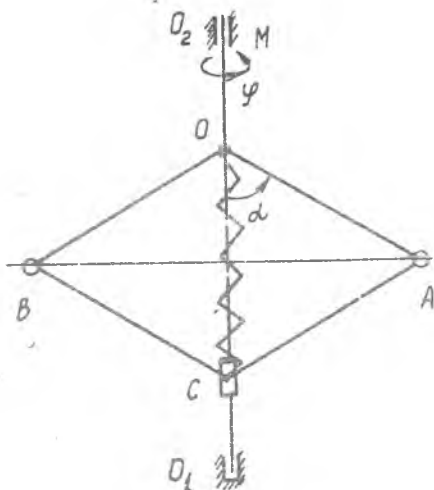
Центробежный регулятор (рис. 16) вращается под действием момента M вокруг вертикальной оси O_1O_2 . Однородные стержни OA, OB, AC и BC имеют одинаковую l и массу m_1 . Масса каждого шара A и B равна m_2 , а масса муфты C — m_3 . Муфта связана с шариком O пружиной, жесткость которой равна C . Естественная длина пружины равна $2l$. Положение системы определяется двумя обобщенными координатами: φ — угол поворота регулятора и α — угол отклонения стержня OA от оси O_1O_2 . Значения всех величин приведены в табл. 16.4.

Определить угловую скорость стержня OA в зависимости от угла поворота α , считая при этом, что регулятор не вращается, и

вся масса стержня сосредоточена в точке A . Определить также максимальное напряжение на ось O . Начальные условия приведены в табл. 16.1.

2. Решить предыдущую задачу с учетом того, что регулятор вращается по закону $\varphi = \varphi(t)$. Закон вращения взять из табл. 16.2.

3. Предполагая, что регулятор не вращается, а стержень OA вращается вокруг горизонтальной оси O по закону $\alpha = \alpha(t)$ (см. табл. 16.3), определить вертикальную реакцию в подшипнике в момент времени $t_1 = 1с$.



Р и с. 16

Т а б л и ц а 16.1

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
α	рад	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/2$	0	$\pi/3$
ω	рад/с	0	2	0	8	-2

Т а б л и ц а 16.2

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
φ	рад	$5t$	$-8t$	$10t$	$2t$	$15t$

Таблица 16.3

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
α	рад	$\frac{\pi}{4} t$	$\frac{\pi}{3} (t^2 - t)$	$\frac{\pi}{6} (t - t^2)$	$\frac{\pi}{6} t$	$\frac{\pi}{4} t^2$

4. Центробежный регулятор получает начальную угловую скорость $\omega_0 = 12$ рад/с. В начальный момент времени система находилась в покое. Определить угловую скорость регулятора, когда стержень OA будет составлять с осью $\alpha = \pi/3$ рад. Начальное значение α_0 взять из табл. 16.4.

Таблица 16.4

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
m_1	кг	0	0,1	0,1	0	0,2
m_2	кг	0,5	0,5	0,3	0,2	0,3
m_3	кг	0,2	0,1	0,2	0,5	0,1
l	м	0,25	0,5	0,3	0,25	0,5
M	Нм	3	$3t$	5	$2t^2$	$8t$
C	Н/м	8	12	15	10	16
φ_0	рад	0	$\pi/2$	0	$\pi/3$	0
$\dot{\varphi}_0$	рад/с	0	12	3	4	10
α_0	рад	$\pi/6$	$\pi/10$	$\pi/5$	$\pi/4$	$\pi/6$
$\dot{\alpha}_0$	рад/с	0	-2	1	0	0
Определяемая реакция		R_0	Z_{01}	R_0	Z_{01}	R_0

5. Определить угловую скорость стержня OA как функцию угла поворота α , предполагая, что регулятор не вращается.

6. Составить дифференциальные уравнения движения системы.

7. Определить положение устойчивого относительного равновесия в зависимости от угловой скорости регулятора $\varphi = \omega = const$. Найти собственные частоты.

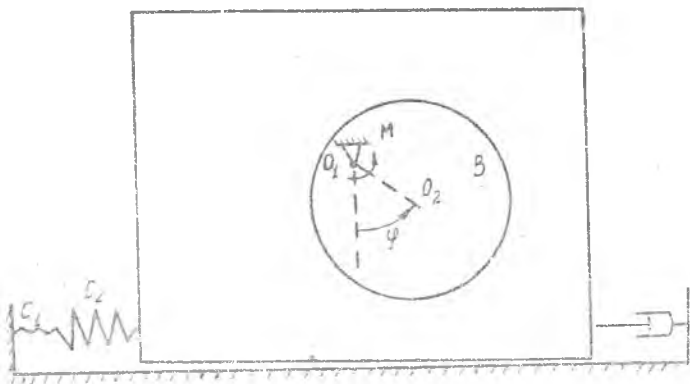
8. Численно проинтегрировать уравнения движения системы.

9. Найти первые интегралы уравнений движения.

10. Определить реакции, указанные в табл. 16.4.

В а р и а н т 17

При сборке электромотора (рис. 17) его ротор B был эксцентрично насажен на ось вращения O_1 на расстоянии $O_1 O_2 = \alpha$, где O_1 — центр масс статора, а O_2 — центр масс ротора B . Электромотор удерживается на гладком горизонтальном фундаменте двумя последовательно соединенными пружинами, жесткости которых соответственно равны C_1 и C_2 , и демпфером, коэффициент сопротивления которого равен μ . Ротор представляет собой однородный цилиндр массы m_2 и радиуса r . Масса статора равна m_1 . К ротору мотора приложена пара сил, момент которой равен M . Положение системы определяется углом поворота ротора φ и координатой x (удлинение эквивалентной пружины). Значения заданных величин приведены в табл. 17.3.



Р и с. 17

Определить:

1. Закон движения мотора по горизонтальной плоскости, считая ротор неподвижным.

2. Закон движения центра ротора при условии, что кожух мотора движется по закону $x = x(t)$ (см. табл. I7.1), а масса ротора сосредоточена в точке C_2 .

Т а б л и ц а I7.1

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		I	2	3	4	5
$x(t)$	м	$3t^2$	t^2	$-2t^2 + t$	$-1,5t^2$	$2t^2$

3. Закон движения статора мотора, считая что ротор вращается с постоянной угловой скоростью, $\varphi = \omega_1 = const$.

Т а б л и ц а I7.2

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		I	2	3	4	5
ω_1	рад/с	10	6	15	10	20

Т а б л и ц а I7.3

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		I	2	3	4	5
a	м	0,01	0,01	0,02	0,1	0,05
r	м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3
m_1	кг	4	5	2	7	4
m_2	кг	6	5	3	3	2
C_1	Н/м	3000	1250	1000	3500	600
C_2	Н/м	1500	5050	1000	1000	400
C_0	м	0,1	0,15	0,05	0,2	0,3

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
x_0	м/с	0,2	0	0,1	0,3	0
φ_0	рад	$\pi/3$	0	0	$\pi/3$	0
$\dot{\varphi}_0$	рад/с	0	0	10	0	20
μ		0	160	100	20	120
M	Нм	0,6	0,5	$0,2\varphi$	-2φ	$0,5\varphi$

4. Считая статор неподвижным, определить угловую скорость ротора как функцию угла поворота $\omega = \omega(\varphi)$. Определить также давление на ось C_1 как функцию угла поворота.

5. Считая $\mu = 0$, $M = 0$, определить интеграл энергии.

6. Составить дифференциальные уравнения движения системы.

7. Принимая, что $M = 0$, определить для малых движений системы около положения устойчивого равновесия собственные частоты.

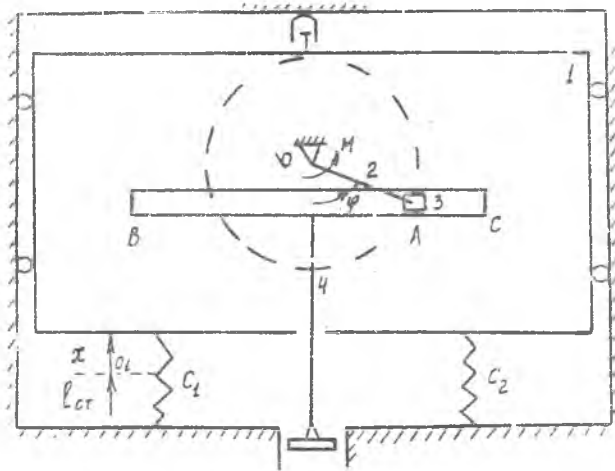
8. Численно проинтегрировать уравнения движения.

9. Определить максимальное давление мотора на фундамент.

10. Определить давление ротора на ось вращения.

В а р и а н т 18

Поршневой насос (рис. 18) установлен на двух амортизаторах, жесткости которых соответственно равны C_1 и C_2 . Масса корпуса насоса равна m_1 , масса кривошипа OA m_2 , его длина l , масса ползуна A m_3 , масса кулисы BC m_4 . К кривошипу приложен момент M . На корпус насоса со стороны демфера D действует сила сопротивления, пропорциональная скорости корпуса, коэффициент пропорциональности равен μ . Положение системы определяется двумя обобщенными координатами: φ — углом поворота кривошипа и x — положением корпуса мотора (отсчитывается от положения статического равновесия). Данные взять из табл. 18.3.



Р и с. 13

Определить:

1. Закон движения кожуха мотора, считая кривошипно-кулисный механизм неподвижным.
2. Давление ползуна A на кулису BC , считая, что кривошип вращается по закону $\varphi_1 = \varphi_1(t)$ (табл. 18.1). Массой кривошипа пренебречь, корпус насоса считать неподвижным.

Т а б л и ц а 18.1

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
$\varphi(t)$	рад	πt	$\frac{\pi}{2} t^2$	$\pi(t - \frac{t^2}{2})$	$\pi(t^2 - t)$	$\frac{\pi}{4} t$

3. Закон движения корпуса насоса в вертикальных направляющих, считая, что кривошип вращается равномерно, $\dot{\varphi}_2 = \omega_2 = const$. Определить, при каких значениях ω наступает резонанс.

Таблица 18.2

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
φ_0	рад	0	$\frac{\pi}{4}$	π	π	$-\frac{\pi}{3}$
ω_0	рад/с	20	-5	1	0	0
φ_k	рад	$\frac{\pi}{3}$	0	0	$\frac{\pi}{4}$	0

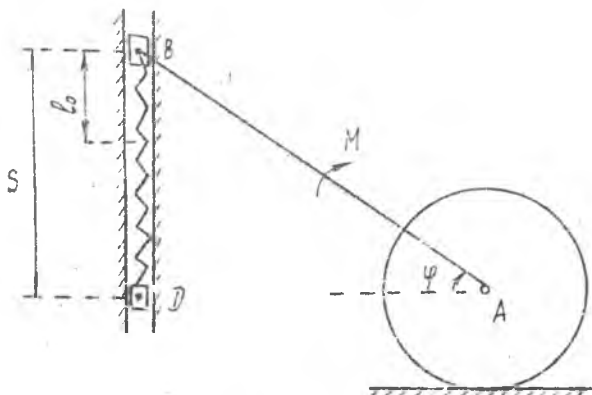
Таблица 18.3

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
l	м	0,2	0,3	0,5	0,4	0,5
m_1	кг	3	2	7	5	5
m_2	кг	0,7	0,8	1,5	1,0	2,0
m_3	кг	0,3	0,2	0,5	1,0	1,0
m_4	кг	1,0	2,0	3,0	5,0	2,0
c_1	Н/м	200	220	100	180	800
c_2	Н/м	50	330	500	170	200
x_0	м	0	0	0,08	-0,08	0,01
\dot{x}_0	м/с	5	10	0	2	0
φ_0	рад	0	$\pi/3$	0	0	$\pi/6$
$\dot{\varphi}_0$	рад/с	2	0	0	4	2
μ		10	5	10	8	5
M	Н·м	10	10φ	$75-\varphi^2$	-28φ	$5(1-\varphi)$

4. Угловую скорость кривошипа OA , считая, что корпус насоса неподвижен, а движение происходит под действием силы тяжести (для этого принять, что $M = 0$ с момента, когда $\varphi = \varphi_k$). Определить вертикальное давление на ось вращения O как функцию угла поворота φ и угловой скорости ω . Начальные условия взять из табл. 18.2.
5. Составить дифференциальные уравнения движения системы.
6. Принимая, что $M = 0$, определить для малых движений системы около положения устойчивого равновесия собственные частоты.
7. Численно проинтегрировать дифференциальные уравнения движения.
8. Определить максимальное давление корпуса насоса на фундамент.
9. Определить реакцию в подшипнике O .

В а р и а н т 19

Однородный диск массы m_1 катится без скольжения (рис. 19) по горизонтальной плоскости. К центру диска шарнирно прикреплен стержень AB длиной l . К стержню приложен момент M . В точке B стержень шарнирно соединен с ползуном массы m_2 , который движется в вертикальных направлениях. К ползуну с помощью пружины, коэффициент жесткости которой равен C , подвешен груз D массой m_3 . Естественная длина пружины равна l_0 . Положение системы определяется координатами φ (углом поворота стержня AB) и S . Значения всех величин приведены в табл. 19.1.



Р и с. 19

Таблица 19.1

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
F_c	Н	$0,2 \text{ д}^2$	20 д	500 д	2 д	140 д

1. Считая ползун неподвижным, определить скорость ползуна D в вертикальных направляющих как функцию его перемещения $f(s)$, если кроме сил тяжести и силы упругости пружины на ползун D действует сила трения F_c (табл. 19.1).

2. Считая, что ползун B движется по закону $x = x(t)$, определить движение ползуна D относительно B (табл. 19.2).

Таблица 19.2

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
x	м	$\sin 10t$	$\cos 20t$	t^2	$\cos 10t$	$-10t^2$

3. Стержень AB движется по закону $\varphi = \varphi(t)$. Определить давление катка на плоскость, считая пружину абсолютно жесткой при $t_1 = 1 \text{ с}$ (табл. 19.3).

Таблица 19.3

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
φ	рад	$\frac{\pi}{3} t$	$-\frac{\pi}{3} t^2$	$\frac{\pi}{4} (t - \frac{t^2}{2})$	$\frac{\pi}{8} t$	$\frac{\pi}{4} t^2$

4. Считая момент $M = \text{const}$ и пружину абсолютно жесткой, определить угловую скорость стержня AB как функцию угла поворота φ , если при $t = 0$ $\varphi = 0$, $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0$.

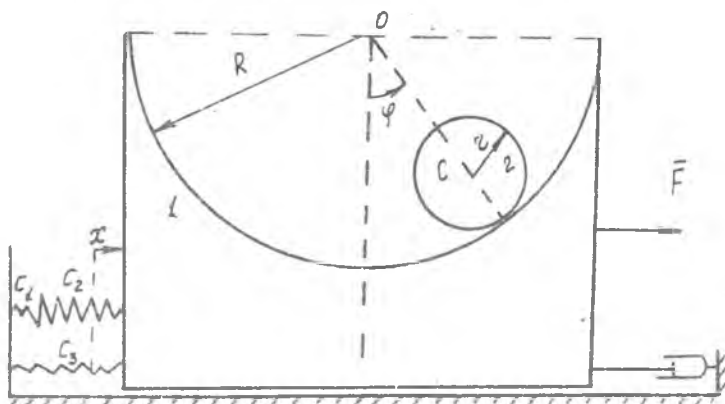
5. Составить дифференциальные уравнения движения системы.
6. Определить положение устойчивого равновесия системы и найти собственные частоты для малых движений.
7. Численно проинтегрировать дифференциальные уравнения движения.
8. Определить реакцию в шарнире A .

Т а б л и ц а 19.4

Обозначение	Размерность	Номер гармоника				
		1	2	3	4	5
l	м	1,0	1,0	0,5	0,5	1,5
l_0	м	0,5	0,6	0,8	0,5	0,4
m_1	кг	3	3	10	7	2
m_2	кг	1	2	6	3	4
m_3	кг	2	1	4	7	4
c	Н/м	200	50	160	700	800
s_0	м	0,5	0,7	0,3	0,2	0,1
\dot{s}_0	м/с	0	2	0	-3	5
φ_0	рад	0	$\pi/3$	0	$\pi/6$	0
$\dot{\varphi}_0$	рад/с	2	0	10	-2	0
M	Н·м	$30-0,1\dot{\varphi}$	$15-\dot{\varphi}^2$	$50-\dot{\varphi}$	$25-\dot{\varphi}^2$	$120-\dot{\varphi}^2/2$

В а р и а н т 20

В брус массе m_1 сделана (рис. 20) цилиндрическая выемка радиуса R , в которой катится без скольжения однородный круглый цилиндр массе m_2 и радиуса r . Оси выточки и цилиндра параллельны. Брус движется по горизонтальной плоскости под действием силы F и сил упругости пружин, жесткости которых соответственно равны c_1, c_2 и c_3 . Брус соединен с демпфером, со стороны которого действует сила сопротивления, пропорциональная скорости



Р и с. 20

бруса, коэффициент сопротивления равен μ . Положение системы определяется координатами x (удалением пружины) и углом φ . Значения всех величин приведены в табл. 20.3.

1. Найти закон движения бруса $x(t)$, пренебрегая массой цилиндра.

2. Принимая цилиндр за материальную точку, определить скорость точки относительно бруса как функцию угла φ , если брус движется по закону $x(t)$. Коэффициент трения скольжения бруса о поверхность бруса равен f (табл. 20.1).

Т а б л и ц а 20.1

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
$x(t)$	м	t^2	$0,5t^2$	$-t^2$	$2t^2$	$-t^3$
f	—	0,1	0	0,2	0,1	0

3. Центр цилиндра движется по закону $\varphi = \varphi(t)$ относительно бруса. Определить закон движения бруса $x = x(t)$, предполагая, что сила $F = 0$ (табл. 20.2).

Т а б л и ц а 20.2

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		I	2	3	4	5
φ	рад	$-t + \frac{\pi}{3}$	$4t$	$t - \frac{\pi}{6}$	$-2t$	t

4. Предполагая брус неподвижным, определить скорость центра масс цилиндра как функцию угла φ , если коэффициент трения качения цилиндра по брусу f_k равен 0,001 м. Определить также силу сцепления цилиндра с бруском.

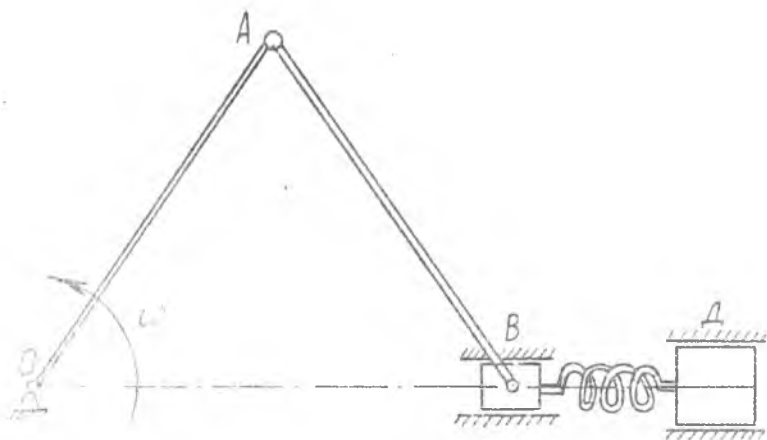
Т а б л и ц а 20.3

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		I	2	3	4	5
R	м	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2
r	м	0,05	0,1	0,1	0,05	0,1
m_1	кг	1	2	3	2	6
m_2	кг	5	3	6	4	3
C_1	Н/м	200	40	0	100	200
C_2	Н/м	50	0	0	100	0
C_3	Н/м	0	40	60	0	5
F	Н	$400 \sin t$	$t - 0,1x$	$300 \cos \pi t$	$10 \cos 5t$	$50 \sin 13t$
x_0	м	0	0,1	0	0	0,3
\dot{x}_0	м/с	0	0	5	2	-3
φ_0	рад	$\pi/3$	0	$-\pi/6$	$\pi/6$	$\pi/4$
$\dot{\varphi}_0$	рад/с	0	5	0	-2	2
f	Нс/м	10	0	0,6	5	4

5. Считая, что $F = 0$ и $\mu = 0$, определить интеграл энергии.
6. Составить дифференциальные уравнения движения системы в общем случае.
7. Определить положение устойчивого равновесия системы и найти собственные частоты для малых движений (принимая $F = 0$).
8. Численно проинтегрировать дифференциальные уравнения движения.
9. Определить максимальное давление бруса на плоскость, максимальное давление цилиндра на брус и максимальное удлинение пружины.

В а р и а н т 2I

Механическая система (рис. 2I) состоит из кривошипно-ползунного механизма, к ползуну которого прикреплено через пружину тело D , скользящее по горизонтальным направляющим.



Р и с. 2I

Система начинает движение из состояния покоя, при этом $\varphi = 0$. До момента t_0 кривошип вращается с постоянной угловой скоростью

(табл. 2Г). С момента времени t_2 на кривошип начинает действовать момент M .

Рассмотреть движение системы на двух этапах:

Этап I (до момента времени t_2). Определить:

закон движения тела D , силу давления на горизонтальные направляющие;

величину кинетического момента механической системы относительно точки O ;

величину момента, действующего на кривошип в момент времени

t_1 (пружину считать абсолютно жесткой);

величину и направление реакций, возникающих в опорах O , B и

D .

Этап II (с момента времени t_2). Определить:

угловую скорость кривошипа OA в момент времени t_2 ;

закон движения механической системы.

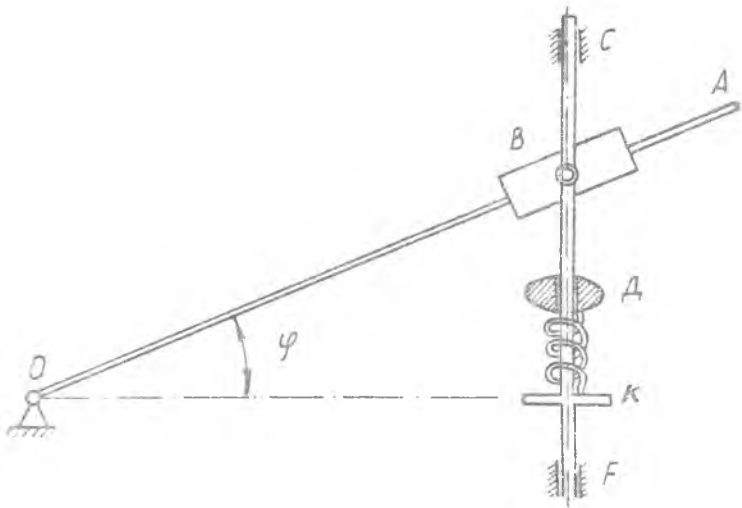
Т а б л и ц а 2Г

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
m_{OA}	кг	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
m_{AB}	кг	1	1	2	4	8
m_B	кг	0,5	0,5	1,0	0	2,0
m_D	кг	0,5	0,25	2	1	5
c	Н/м	1	2	10	2	20
ω	рад/с	1	-	-	-	-
l_0	м	0,2	0,25	0,3	0,5	0,6
OA	м	1,0	2,0	2,5	1,5	1,0
AB	м	1,0	2,0	2,5	2,0	3,0
t_1	с	0,25	1	2	1	0,5
t_2	с	0,5	1,5	3,0	3,0	4,0
M	Н·м	25	10	20	50	100
$f_{ок}$	-	0	0,1	0,3	0,1	0,4

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
x_0	м	0	0,1	0,2	0,3	0,4
\dot{x}_0	м/с	0	2	5	15	30

В а р и а н т 22 .

Механическая система (рис. 22) состоит из кулисного механизма. На кулисе находится ползун B , шарнирно связанный со стержнем CF . На стержень одето тело D . Между полочкой « K » стержня и телом D находится пружина.



Р и с. 22

В начальный момент механическая система находилась в покое.
Рассмотреть движение системы на двух этапах.

Этап I. OA вращается с постоянной угловой скоростью (табл. 22) до момента времени t_2 . Определить:
закон движения тела D ;

величину кинетического момента механической системы относительно точки "O" в момент времени t_1 ;

величину момента, действующего на " OA " в момент времени t_1 ;

величину и направление реакций, возникающих в опорах.

Этап II. С момента времени t_2 на кулису действует момент M .
Определить:

угловую скорость " OA ";

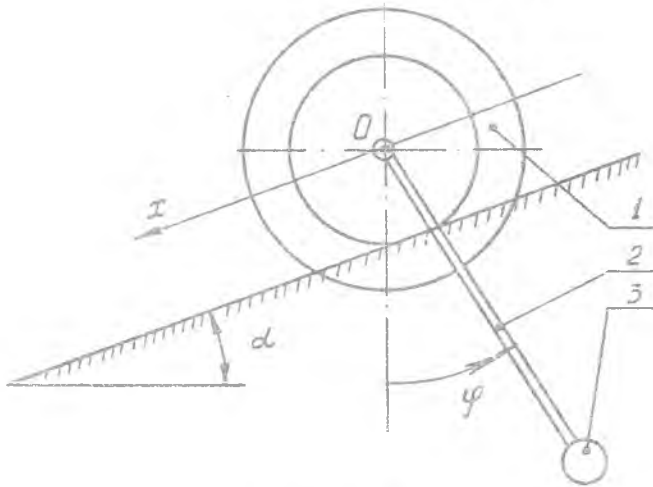
закон движения механической системы.

Т а б л и ц а 22

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
m_{OA}	кг	1,0	2,0	1,5	3,0	4,0
m_D	кг	0,5	1,0	0,7	1,5	2,0
m_D	кг	1,0	0,5	0,35	1,0	1,0
m_{CF}	кг	2,0	2,0	1,5	0	4,0
ω	рад/с	-	-	-	-	-
C	Н/м	1	0,5	10	2	5
l_0	см	20	30	60	20	50
M	Н·м	2	10	100	35	60
t_1	с	0,25	1	10	2	1
t_2	с	0,5	2	15	5	10
OA	см	100	60	50	40	150
OK	см	60	20	30	30	80
x_0	см	0	0	20	10	30
\dot{x}_0	м/с	0	2	0	10	5
φ_0	град	0	30	0	45	60

Механическая система (рис. 23) состоит из диска I, стержня 2 и шара 3. Стержень и диск связаны между собой шарниром O. Шар жестко прикреплен к стержню.

В начальный момент механическая система находилась в покое. Рассмотреть движение данной системы на двух этапах.



Р и с. 23

Этап I. Центр колеса I движется по заданному закону до момента времени t_2 (табл. 23). Определить:

закон движения шарика B ;

величину кинетического момента системы относительно центра

диска в момент времени t_1 ;

величину и направление реакции, возникающей в шарике O в момент времени t_1 ;

величину и направление реакции наклонной поверхности в момент времени t_1 .

Этап II. С момента времени t_2 к стержню прикладывается момент M , при этом движение центра диска по закону $x = x(t)$ прекращается. Определить:

угловую скорость колеса I;

закон движения механической системы.

Т а б л и ц а 23

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
m_1	кг	4	3	10	2	7
m_2	кг	0	0,5	1	0	2
m_3	кг	1,5	1,5	5,0	1,0	3
x	—	$4t^2$	$2t^3$	$t-2t^2$	$2t^2$	t^3
α	град	30	60	45	30	60
z	см	5	20	10	7	10
ρ	см	10	27	14	13	15
OA	см	30	20	40	50	70
t_1	с	0,25	1	5	2	3
t_2	с	1	2	7	5	7
M	Н·м	2	4	50	20	10
φ_0	град	90	45	0	-45	90

В а р и а н т 24

Механическая система (рис. 24) состоит из однородного диска I, ползуна B, стержня 3 и шарика A. Диск I через нерастяжимую нить связан с ползуном 2. Ползун B и стержень 3 соединены шарниром. Система начинает движение из состояния покоя.

Рассмотреть движение системы на двух этапах.

Этап I. Диск I вращается с угловой скоростью ω (табл. 24) по момента времени t_2 . Определить:

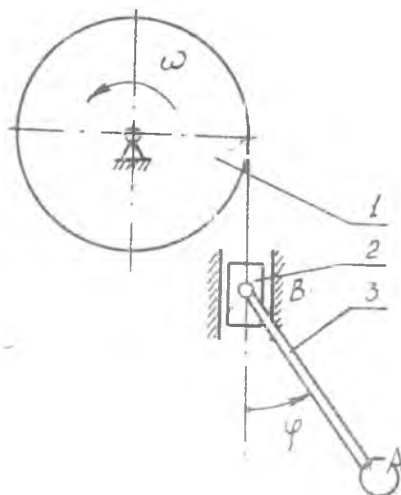
закон движения шарика A ;
 величину кинетического мо-
 мента системы;

величину и направление ре-
 акций в шарнире B и O .

Этап II. С момента времени
 t_2 к стержню прикладывается
 момент M . Угловая скорость
 диска не известна. Определить:

закон движения механичес-
 кой системы;

угловую скорость диска I.



Р и с. 24

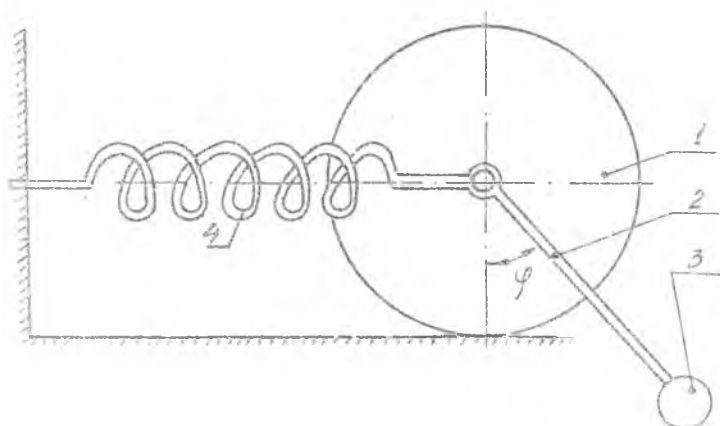
Т а б л и ц а 24

Обозначе- ние	Размер- ность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
m_1	кг	3	4	5	10	8
m_2	кг	1,5	2	2,5	5	4
m_3	кг	0	1	2	4	2
m_A	кг	2	3	3	2	3
z	см	40	50	20	30	60
AB	см	50	60	100	80	70
ω	рад/с	π	$-\pi$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{6}$
t_1	с	0,25	1	2	3	1,5
t_2	с	1	2	8	5	4
M	Н·м	2	10	10	50	100
φ_0	град	0	90	30	45	60

В а р и а н т 25

Механическая система состоит (рис. 25) из однородного диска 1, стержня 2, шарика 3 и пружины 4.

Диск 1 через шарнир 0 связан со стержнем 2. На стержне жестко насажен шарик 3. Пружина, один конец которой закреплен в вертикальной стене, а другой прикреплен к оси диска 1, расположена в горизонтальной плоскости. В начальный момент система находилась в покое. Пружина в этом положении не деформирована.



Р и с . 25

Рассмотреть движение данной системы на двух этапах:

Этап I. Центр колеса 1 движется по заданному закону (табл.25) до момента времени t_2 . Определить:

закон движения шарика A ;

величину кинетического момента системы в момент времени t_1 ;

величину и направление реакции, возникающей в шарике 0;

величину и направление реакции горизонтальной поверхности в

момент времени t_1 .

Этап II. С момента времени t_2 к стержню прикладывается момент $M = const$, при этом движение центра диска по закону $x = x(t)$ прекращается. Определить:

закон движения механической системы;
угловую скорость колеса I.

Таблица 25

Обозначение	Размерность	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
m_1	кг	4	10	5	2	8
m_2	кг	0	0	0,5	2	1
m_3	кг	1,5	3	2	0,5	3
x	-	$4t^2$	$t-3t^2$	$2t^3-4t^2$	$4t^3-t^2$	$2t^2$
OA	см	30	40	100	50	60
l_0	см	100	50	60	80	50
c	Н/м	1	10	2	3	20
t_1	с	0,25	1	2	1,5	3
t_2	с	1	5	3	4	5
M	Н·м	2	50	20	10	100
z	см	50	20	30	40	25
φ_0	град	0	90	30	45	-45

КУРСОВАЯ РАБОТА
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Составители: А в р а м е н к о Александр Алексеевич,
А р х и п о в Валерий Рикторович,
А в е р к и е в Сергей Михайлович,
Б а л у х о в Николай Зиновьевич,
И в а н о в Владимир Алексеевич

Редактор А.Я.Ч е г о д а е в а
Техн.редактор Г.А.У с а ч е в а
Корректор Т.К.К р е т и н и н а

Подписано в печать 1.04.92. формат 60x84^I/₁₆.
Бумага оберточная. Печать офсетная.
Усл.п.л. 2,8. Усл.кр.-отт. 2,9. Уч.-изд.л. 2,7.
Т. 200 экз. Заказ № 102. Бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Участок оперативной полиграфии
Самарского авиационного института.
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.