

В.В.Дубинин, Н.В.Борохова, А.В.Пашков, А.В.Ремизов

ПЛОСКАЯ СТАТИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И ВАРИАНТЫ КУРСОВОГО ЗАДАНИЯ

МОСКВА

Издательство им. Н. Э. Баумана, 2015

Рецензент *А.В.Конаев*

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое задание по теме «Статика» состоит из двух частей: «Плоская статика» и «Пространственная статика». В данном пособии содержатся задачи для курсовых заданий по плоской статике. Студент по плоской статике получает вариант, состоящий из двух задач.

В первой задаче рассматривается равновесие системы сочленённых тел. Каждая из систем статически определима, состоит из трёх тел и нагружена распределенной нагрузкой, сосредоточенными силами и парами сил с заданным моментом. Требуется определить реакции опор.

Во второй задаче рассматривается равновесие механизма под действием плоской системы сил, определяются условия равновесия (необходимые величины сил, моментов пар сил), а также реакции опор.

В ряде задач использованы упругие элементы – линейные или спиральные пружины, жесткости которых $c_{л}$, c . Сила упругости определяется по формуле $F_{упр} = c_{л} \lambda_{л}$, момент упругих сил спиральной пружины равен $L_{упр} = c \lambda$, где $\lambda_{л}$ и λ - линейная и угловая деформации пружин. Деформация спиральной пружины λ осуществляется из положения, когда спиральная пружина не деформирована в направлении стрелки. Тем самым определяется направление круговой стрелки момента упругих сил пружины, который приложен к стержню.

Представлены варианты курсовых заданий, примеры выполнения курсовых заданий по теме «Плоская статика» курса «Теоретическая механика».

Студенту выдается один вариант задания для самостоятельного решения, состоящий из двух типовых задач.

УСЛОВИЯ КУРСОВОГО ЗАДАНИЯ

ЗАДАЧА № 1

При решении задачи предполагается, что расстояние между соседними точками A, B, C, D, E, F равны l , углы $\alpha = 45^\circ$, $\beta = 60^\circ$, $R = l$, $r = 0,4l$. Точки K и L делят соответствующие участки пополам. В вариантах, где имеются пружины, считать, что пружина предварительно закручена на угол $\lambda = 30^\circ$, жесткость пружины $c_{\text{упр}} = Pl$. Величины $M = Pl$, $q = P/l$, $q_m = 2P/l$. Определить реакции опор A и B .

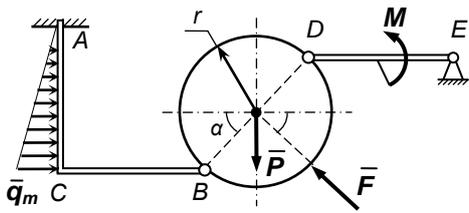
В качестве дополнительных вопросов предполагается исследовать с применением ЭВМ изменение одной из определяемых величин при варьировании задаваемого преподавателем параметра системы тел.

ЗАДАЧА № 2

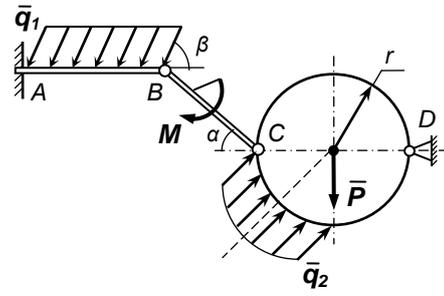
При решении задачи предполагается, что механизм находится в равновесии под действием приложенных к нему сил. Трение в сочленениях элементов отсутствует. В зубчатых зацеплениях угол между полной реакцией и общей касательной плоскостью принимается равным 20° . Предполагается, что катки имеют возможность катиться без скольжения.

В качестве дополнительных вопросов, также как и в первой задаче, предлагается исследовать с применением ЭВМ изменение значений одной из определяемых величин при варьировании задаваемого преподавателем параметра механизма (см. примеры 2, 3), а также ответить на вопросы, рассмотренные в примерах 2 и 3. Ниже даны условия задачи 2 для всех тридцати вариантов курсового задания (основные вопросы).

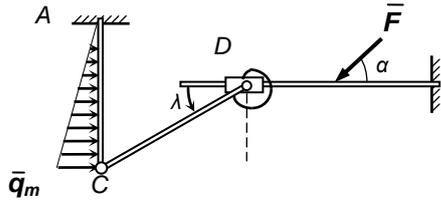
1.1



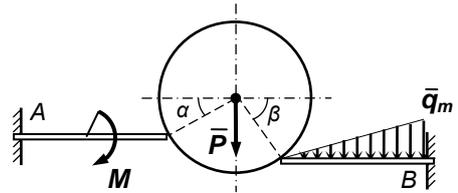
1.2



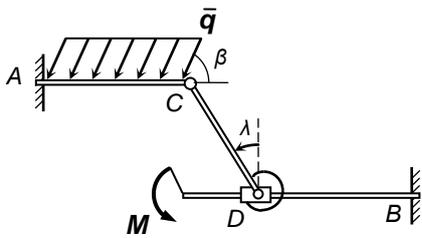
3.1



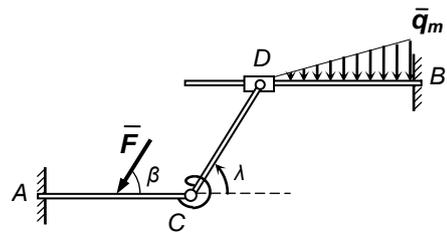
4.1



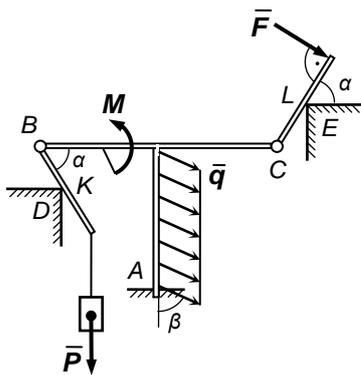
5.1



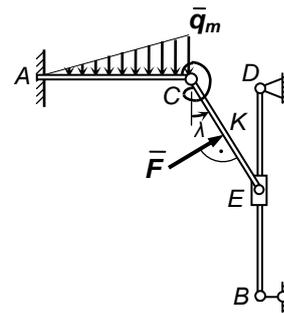
6.1



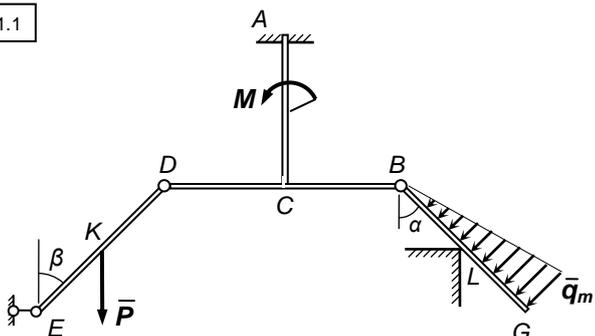
7.1



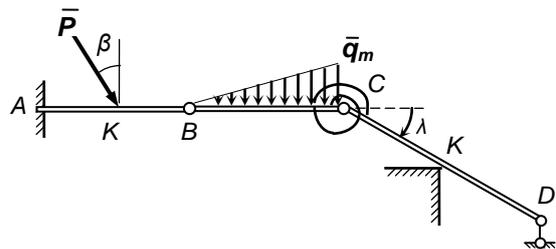
8.1



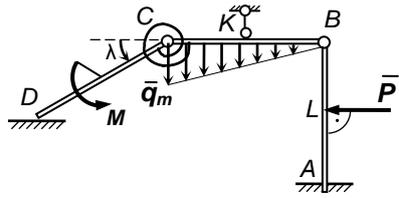
11.1



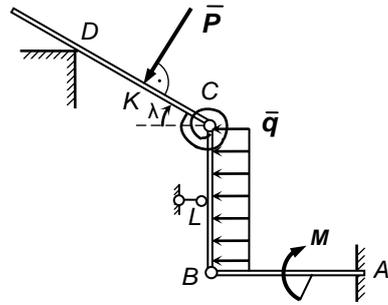
12.1



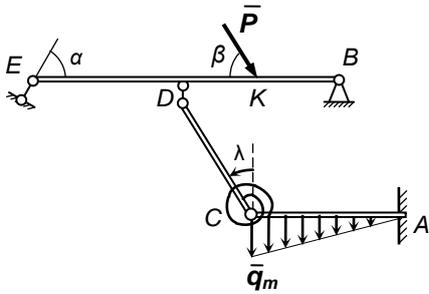
13.1



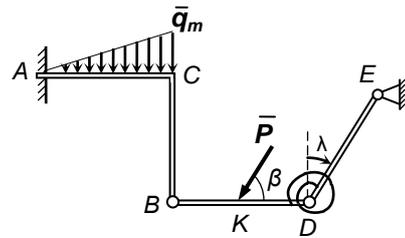
14.1



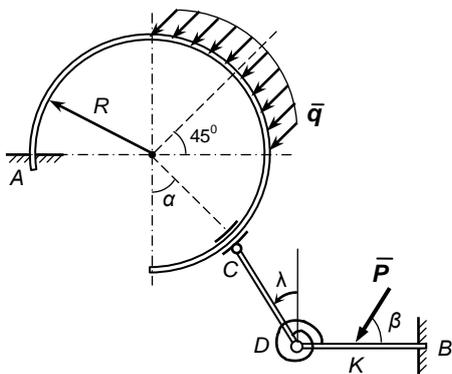
15.1



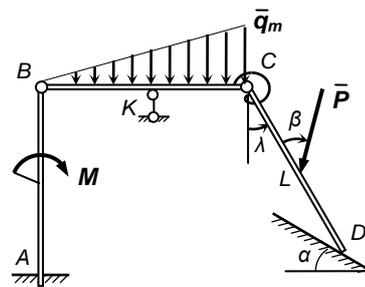
16.1



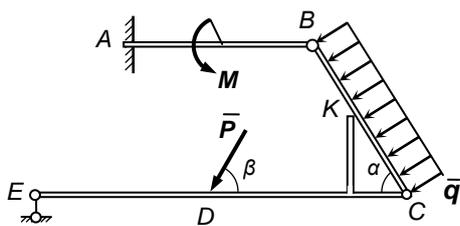
17.1



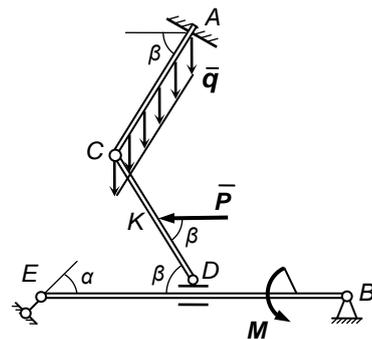
18.1



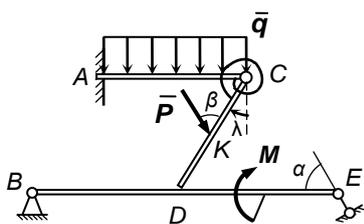
19.1



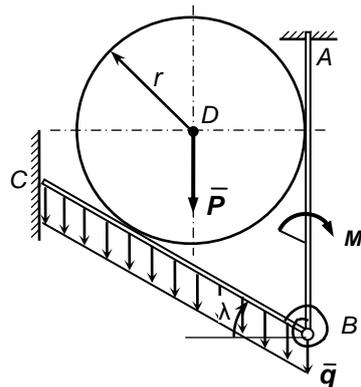
20.1



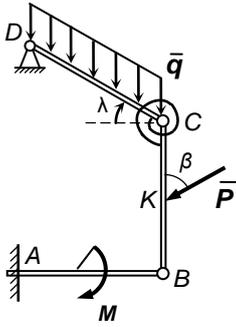
21.1



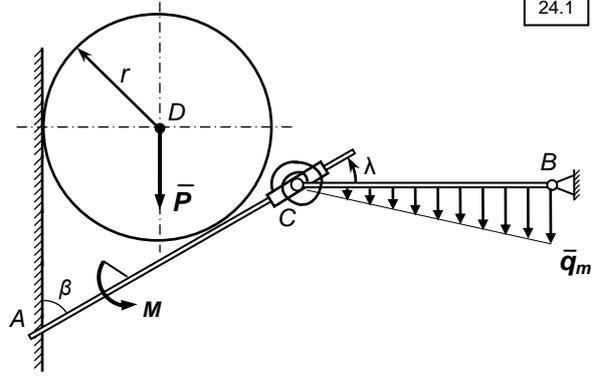
22.1



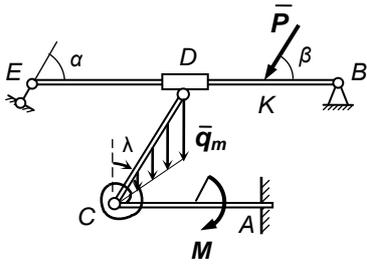
23.1



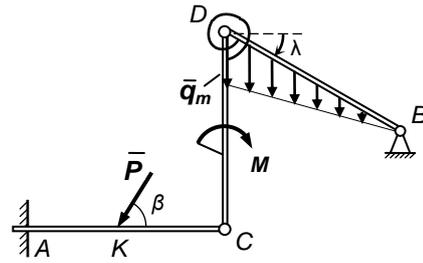
24.1



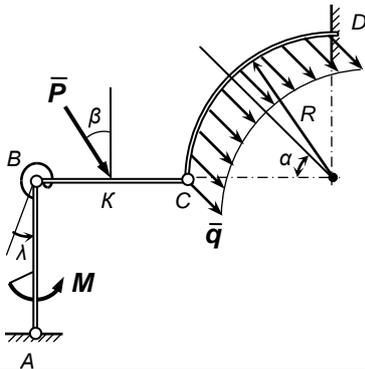
25.1



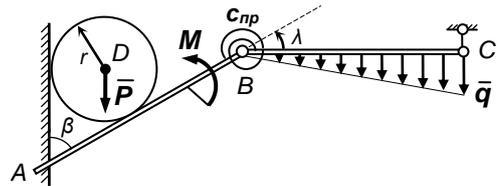
26.1



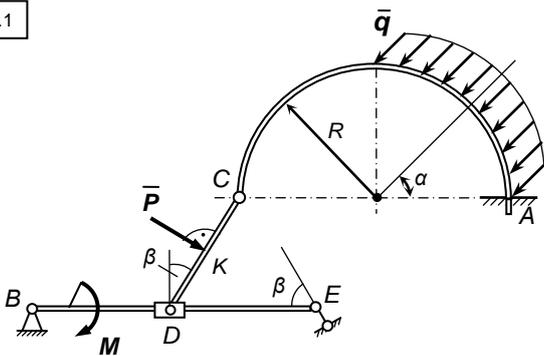
27.1



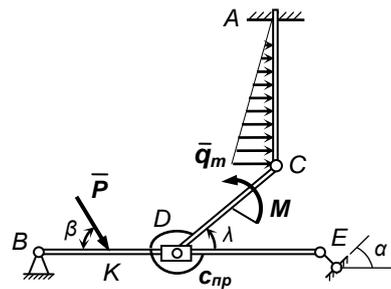
28.1



29.1



30.1

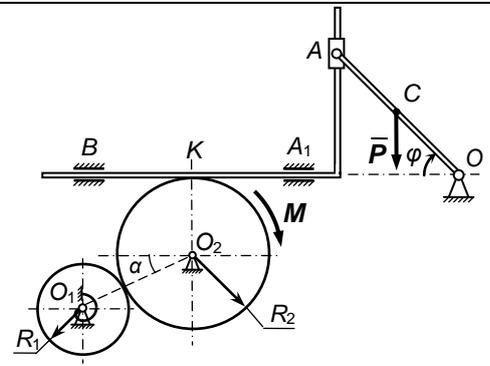


Задача 1.2

Механизм состоит из кривошипа OA , связанного с поступательно движущейся кулисой, на которой закреплена зубчатая рейка, и двух шестерен. Шестерни находятся в зацеплении между собой, а шестерня радиуса R_2 находится в зацеплении с рейкой.

Определить деформацию спиральной пружины, если её жесткость равна c , а также реакции опор A_1, O_1, O_2 .

При расчетах принять: $OA = 1 \text{ м}$, $\alpha = \varphi = 45^\circ$,
 $P = 100 \text{ Н}$, $OC = AC$, $BK = A_1K = 0,4 \text{ м}$, $M = 20 \text{ Н} \cdot \text{м}$,
 $R_2 = 2R_1 = 0,2 \text{ м}$, $c = 50 \text{ Н} \cdot \text{м/рад}$.

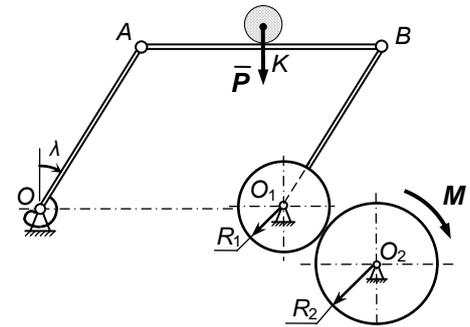


Задача 2.2

Механизм – спарник – состоит из стержней OA, AB, O_1B и шестерён. Стержни соединены шарнирно между собой и с опорами O, O_1 , стержень OA еще и спиральной пружиной жесткостью c с опорой O . Шестерни O_1, O_2 находятся в зацеплении. Первая шестерня жёстко скреплена со стержнем O_1B .

Определить величину момента пары сил M и реакции опор O_1, O_2 .

При расчетах принять: $OA = O_1B$, $\lambda = 30^\circ$, $\alpha = 45^\circ$,
 $P = 100 \text{ Н}$, $R_2 = 2R_1$, $AK = BK$, $OA = 1 \text{ м}$, $c = 20 \text{ Н} \cdot \text{м/рад}$.

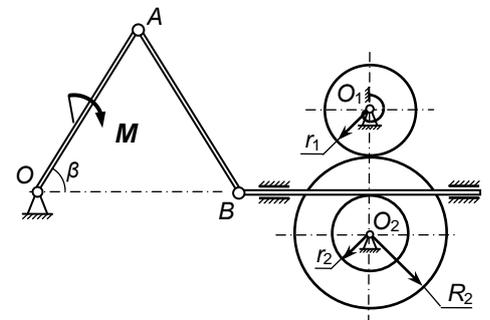


Задача 3.2

Кривошипно-шатунный механизм соединен зубчатой рейкой - ползуном со ступенчатой шестерней - с центром O_2 , которая соединена с шестерней с центром O_1 . К кривошипу OA приложена пара сил с моментом M , а шестерня с центром O_1 скреплена пружиной жесткостью c с неподвижным основанием.

Определить деформацию пружины и реакции опор O_1, O_2 .

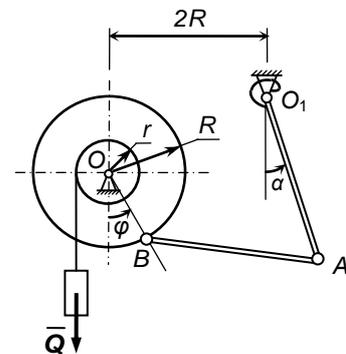
При расчетах принять: $OA = AB = 1 \text{ м}$, $\beta = 60^\circ$,
 $R_2 = 2r_2 = 0,8 \text{ м}$, $r_1 = 0,3 \text{ м}$, $M = 10 \text{ Н} \cdot \text{м}$.



Задача 4.2

Механизм состоит из ступенчатого барабана и стержней O_1A и AB , соединенных шарнирно между собой и с опорами. Механизм находится в вертикальной плоскости, на ступени барабана закреплен груз весом Q . Со стержнем OA скреплена спиральная пружина жесткостью c .

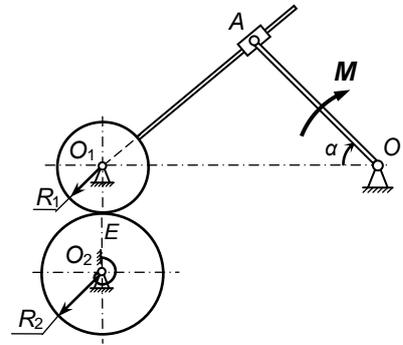
Определить деформацию пружины и реакции опор O, O_1 при $AO_1 = AB = 2R = 4r = 1 \text{ м}$, $\varphi = 45^\circ$, $\alpha = 20^\circ$,
 $c = 100 \text{ кН} \cdot \text{м/рад}$, $Q = 10 \text{ кН}$.



Задача 5.2

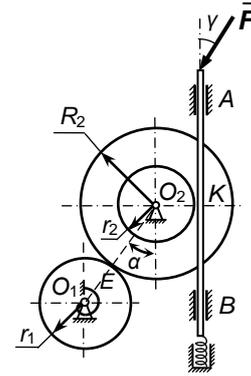
Кулисный механизм O_1AO связан с двумя шестернями, которые находятся в зацеплении. Шестерня O_1 жестко скреплена с кулисой O_1A . Шестерня O_2 скреплена с опорой спиральной пружиной жесткостью c . К кривошипу OA приложена пара сил с моментом M .

Определить деформацию спиральной пружины и реакции опор O_1, O_2 , если $\alpha = 30^\circ$, $OO_1 = 4R_2$, $OA = 3R_2$, $R_2 = 1,5R_1 = 0,6\text{ м}$, $M = 10\text{ кН}\cdot\text{м}$, $c = 80\text{ кН}\cdot\text{м}/\text{рад}$.



Задача 6.2

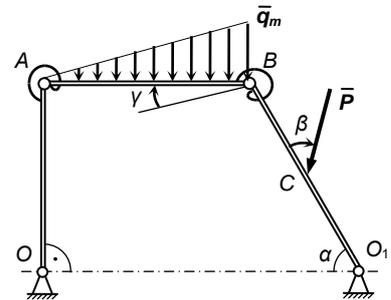
Механизм состоит из двух шестерён, зубчатой рейки, находящихся в зацеплении. К рейке приложена сила \bar{F} и прикреплена линейная пружина жесткость c . Шестерня O_1 соединена спиральной пружиной жесткостью c_1 с основанием. До приложения силы \bar{F} пружины не деформированы, после её приложения деформация линейной пружины равна λ . Определить величину силы F и реакции опор O_1, O_2, A , если $AB = 0,6\text{ м}$, $BK = 0,3\text{ м}$, $R_2 = 2r_2$, $\gamma = 30^\circ$, $\alpha = 45^\circ$, $r_1 = 0,1\text{ м}$, $c = 1000\text{ Н}/\text{м}$, $c_1 = 100\text{ Н}\cdot\text{м}/\text{рад}$, $\lambda = 0,4\text{ м}$.



Задача 7.2

Механизм состоит из трех стержней OA, AB, BO_1 , соединённых между собой и опорами шарнирно. Стержни OA, AB и O_1B, AB соединены еще и спиральными пружинами с жесткостями c_1 и c_2 . Деформация пружины B (жесткостью c_2) указана на схеме механизма. Стержень O_1B нагружен сосредоточенной силой P ($BC = CO_1$), а стержень AB распределенными по треугольнику силами (q_m).

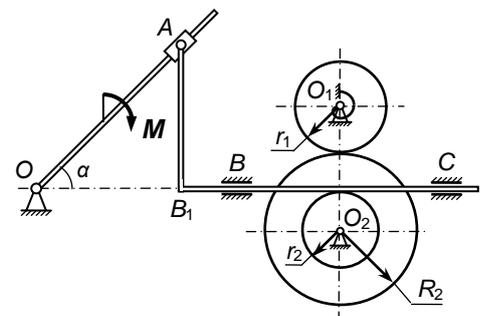
Определить деформацию пружины A (жесткостью c_1) и реакции опор O, O_1 . При расчетах принять: $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 30^\circ$, $\gamma = 30^\circ$, $AO = AB = 1\text{ м}$, $c_1 = 1\text{ кН}\cdot\text{м}/\text{рад}$, $c_2 = 2\text{ кН}\cdot\text{м}/\text{рад}$, $P = 1\text{ кН}$, $q_m = 2\text{ кН}/\text{м}$.



Задача 8.2

В механизме кулиса OA связана ползуном A с поступательно движущимся изогнутым под прямым углом стержнем скрепленным с зубчатой рейкой, с помощью которой происходит зацепление со ступенчатой шестерней O_2 . В зацеплении с ней находится шестерня O_1 , которая связана спиральной пружиной жесткостью c с опорой O_1 . К кулисе приложена пара сил с моментом M .

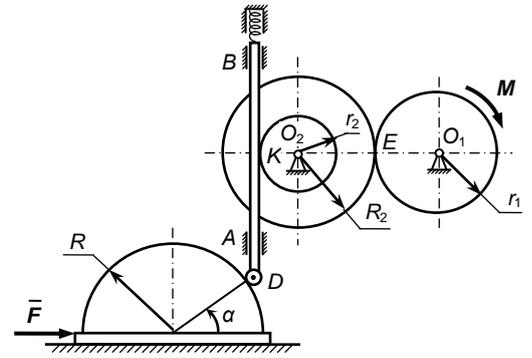
Определить величину деформации спиральной пружины и реакции опор O, O_1 при $c = 1\text{ кН}\cdot\text{м}/\text{рад}$, $M = 0,35\text{ кН}\cdot\text{м}$, $R_2 = 2r_2$, $\alpha = 60^\circ$, $r_1 = 0,1\text{ м}$, $AB_1 = 0,3\text{ м}$.



Задача 9.2

В механизме, расположенном в вертикальной плоскости, ползун весом P , имеющий форму полуцилиндра, связан через толкатель с двумя шестернями, одна из которых – двухступенчатая, находящимися в зацеплении. К ползуну приложена сила \bar{F} , к шестерне – пара сил с моментом M . При $\alpha = 0^\circ$ пружина жесткостью c , скрепленная с толкателем, не деформирована.

Определить величину момента M пары сил, реакцию опоры O_2 и давление ползуна на плоскость, при $R = 0,3$ м; $R_2 = 2r_2$; $r_1 = 0,15$ м; $\alpha = 30^\circ$; $c = 100$ Н/м; $P = 100$ Н; $F = 50$ Н.



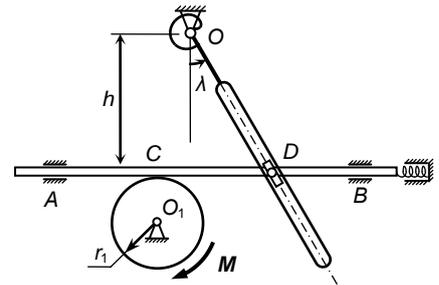
Задача 10.2

В механизме кулиса OD скреплена спиральной пружиной жесткостью c с основанием и через ползун D связана с рейкой CD , которая находится в зацеплении с шестерней O_1 .

Рейка связана с линейной пружиной жесткостью c_1 . К шестерне приложена пара сил с моментом M .

При $\lambda = 0$ пружины не деформированы.

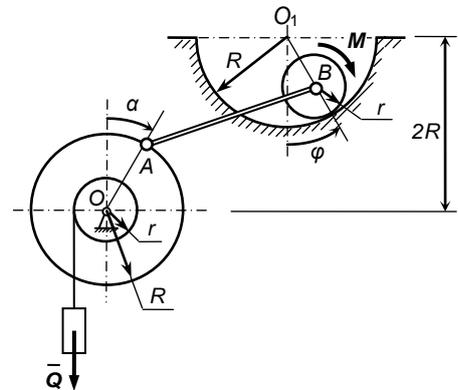
Определить величину момента пары сил M и реакции опор O , O_1 при $\lambda = 30^\circ$. Принять $c = 10$ Н·м/рад, $c_1 = 35$ Н/м, $h = 0,3$ м, $r_1 = 0,1$ м.



Задача 11.2

Механизм состоит из двухступенчатого барабана, несущего груз весом Q , и шатуна AB с катком, имеющим возможность катиться по поверхности цилиндрической лунки. К катку приложена пара сил с моментом M , шатун представляет собой однородный стержень весом Q_1 .

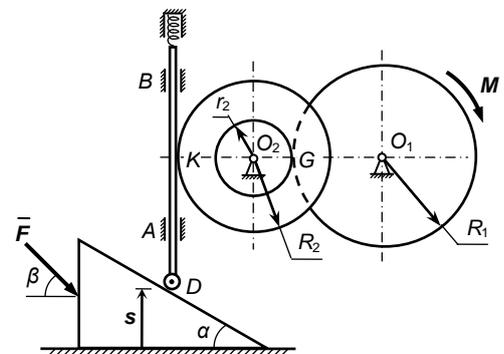
Для положения, указанного на рисунке, определить величину момента M пары сил и реакции опоры O и шарнира A при $AB = 2R = 6r = 1,2$ м; $Q = 10$ кН; $Q_1 = 20$ кН; $\alpha = \varphi = 30^\circ$; $\beta = 15^\circ$.



Задача 12.2

В механизме, расположенном в вертикальной плоскости, ползун весом P , имеющий форму клина, связан через толкатель с двумя шестернями, одна из которых – двухступенчатая, находящимися в зацеплении. К ползуну приложена сила \bar{F} , к шестерне – пара сил с моментом M . При $s = 0$ пружина жесткостью c , скрепленная с толкателем, не деформирована.

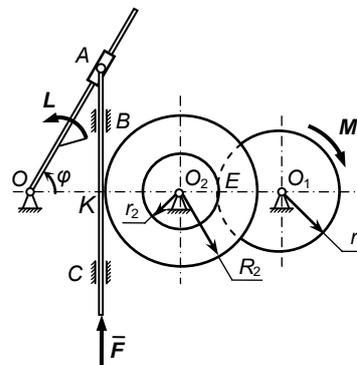
Определить величину силы F , реакцию опоры O_2 и давление ползуна на плоскость, при $R_2 = 2r_2$; $r_1 = 0,3$ м; $\alpha = 30^\circ$; $\beta = 45^\circ$; $c = 200$ Н/м; $P = 100$ Н; $M = 6$ Н·м.



Задача 13.2

В механизме две шестерни находятся в зацеплении. Двухступенчатая шестерня находится в зацеплении с зубчатой рейкой, закрепленной на толкателе CA , который связан с кулисой OA . К толкателю приложена сила \bar{F} , а к кулисе и шестерне – пары сил с моментами L и M .

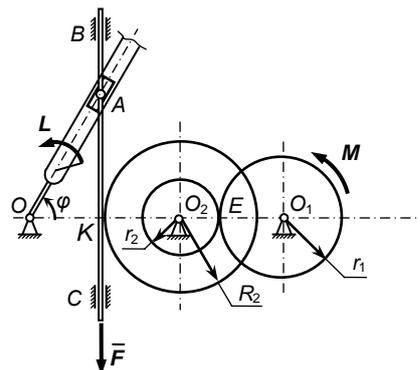
Определить величину момента L пары сил и реакции опор O, O_2 при $r_1 = 0,15\text{ м}$, $R_2 = 2r_2$, $OK = 0,4\text{ м}$, $\varphi = 60^\circ$, $M = 15\text{ Н}\cdot\text{м}$, $F = 40\text{ Н}$.



Задача 14.2

В механизме две шестерни находятся в зацеплении. Двухступенчатая шестерня находится в зацеплении с зубчатой рейкой, закрепленной на толкателе BA , который связан с кулисой OA . К толкателю приложена сила \bar{F} , а к кулисе и шестерне – пары сил с моментами L и M .

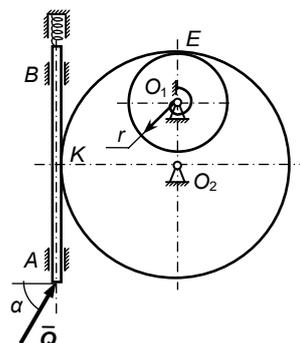
Определить величину силы \bar{F} и реакции опор O, O_2 при $R_2 = 2r_2$, $r_1 = 0,1\text{ м}$, $OK = 0,5\text{ м}$, $\varphi = 60^\circ$, $M = 10\text{ Н}\cdot\text{м}$, $L = 200\text{ Н}\cdot\text{м}$.



Задача 15.2

Механизм состоит из двух шестерен, находящихся во внутреннем зацеплении. Одна из них связана с зубчатой рейкой, к которой присоединена линейная пружина жёсткостью c , а другая скреплена с основанием спиральной пружиной жёсткостью c_1 . До приложения к рейке силы \bar{Q} пружины не деформированы, после её приложения деформация линейной пружины равна λ .

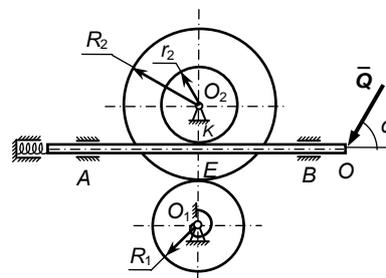
Определить жёсткость c_1 спиральной пружины и реакции опор O_2, A и B при $r = 0,2\text{ м}$; $AB = 0,8\text{ м}$; $OB = 1\text{ м}$; $AK = 0,4\text{ м}$; $\alpha = 60^\circ$; $c = 1000\text{ Н/м}$; $Q = 100\text{ Н}$; $\lambda = 0,03\text{ м}$.



Задача 16.2

Механизм состоит из двух шестерен, находящихся в зацеплении. Одна из них – двухступенчатая, связана с зубчатой рейкой, к которой присоединена линейная пружина жёсткостью c , а другая скреплена с основанием спиральной пружиной жёсткостью c_1 . До приложения к рейке силы \bar{Q} пружины не деформированы, после её приложения деформация линейной пружины равна λ .

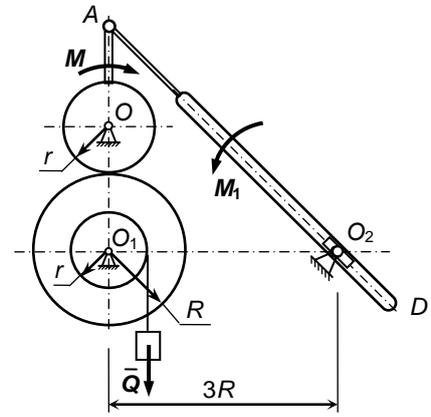
Определить величину приложенной силы Q и реакции опор O_2, A и B при $R_2 = 2r_2$; $R_1 = 0,1\text{ м}$; $AB = 0,6\text{ м}$; $BK = 0,3\text{ м}$; $OK = 0,6\text{ м}$; $\alpha = 60^\circ$; $c = 5\text{ кН/м}$; $c_1 = 100\text{ Н}\cdot\text{м/рад}$; $\lambda = 0,01\text{ м}$.



Задача 17.2

В механизме, расположенном в вертикальной плоскости, в зацеплении находятся две шестерни. Одна из них связана с кулисой AD , а другая скреплена с барабаном, несущим (на нити) груз весом Q . К шестерне O и кулисе приложены пары сил с моментами M и M_1 .

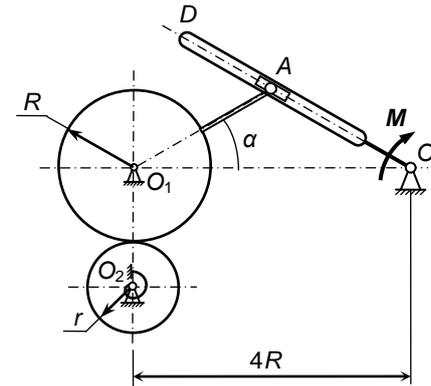
Определить величину момента пары сил M и реакции опор O , O_2 при $R = 2r = 0,2m$, $OA = 1,5R$, $Q = 20кН$, $M_1 = 12кН \cdot м$.



Задача 18.2

В механизме две шестерни находятся в зацеплении. Одна из них связана с кулисой, а другая скреплена с основанием спиральной пружиной жёсткостью c . К кулисе приложена пара сил с моментом M .

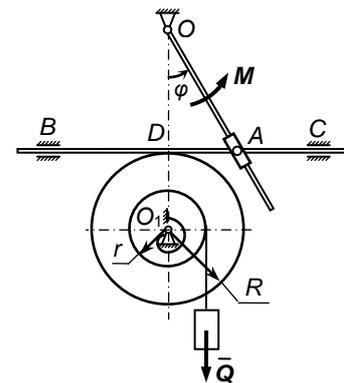
Определить деформацию пружины и реакции опор O , O_1 при $R = 2r = 0,5 м$; $AO_1 = 3R$; $OO_1 = 4R$; $\alpha = 30^\circ$; $c = 100 кН \cdot м/рад$; $M = 50 кН \cdot м$.



Задача 19.2

В механизме, расположенном в вертикальной плоскости, кулиса связана через зубчатую рейку и шестерню с барабаном, несущим груз весом Q . При вертикальном положении кулисы ($\varphi = 0$) спиральная пружина жёсткостью c , скреплённая с барабаном, не деформирована.

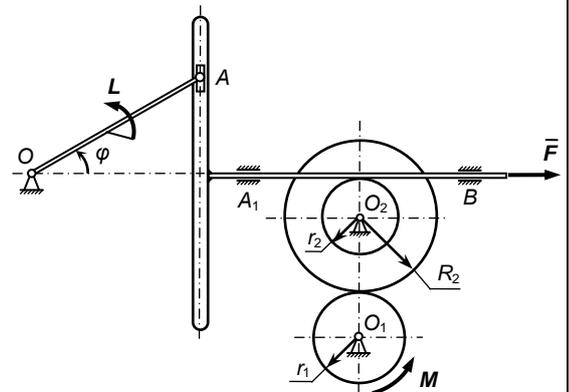
Определить момент M пары сил и реакции опор O , O_1 , если $OD = 2R = 4r = 2 м$; $\varphi = 15^\circ$; $Q = 5 кН$; $c = 10 кН \cdot м/рад$.



Задача 20.2

Механизм состоит из кривошипа OA , Т-образной кулисы и двух, находящихся в зацеплении шестерен, одна из которых – двухступенчатая. К кривошипу и шестерне приложены пары сил с моментами L и M , к рейке кулисы – сила \bar{F} .

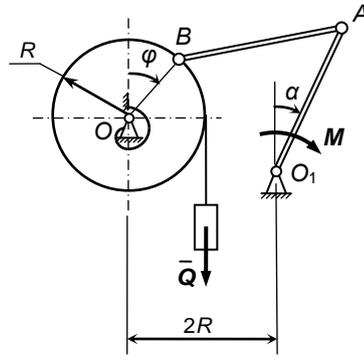
Определить величину момента M пары сил и реакции опор O , O_2 при $AO = 0,8 м$; $r_1 = 0,2м$; $R_2 = 2r_2$; $\varphi = 30^\circ$; $F = 1 кН \cdot м$; $L = 5 кН \cdot м$



Задача 21.2

Механизм, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из кривошипа O_1A , шатуна AB и барабана, несущего груз весом Q . С барабаном скреплена спиральная пружина жёсткостью c , к кривошипу приложена пара сил с моментом M .

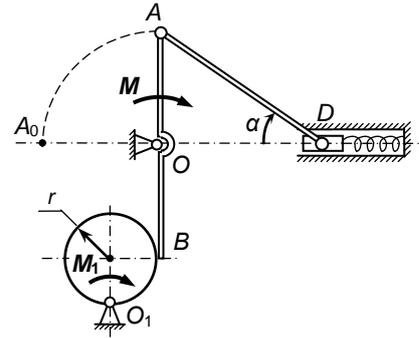
Определить деформацию пружины и реакции опор O , O_1 при $AO_1 = AB = 2R = 1$ м; $\varphi = 45^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $Q = 10$ кН; $M = 5$ кН·м; $c = 100$ кН·м/рад



Задача 22.2

В механизме цилиндрический кулачок упирается в коромысло AB , связанное через шатун AD с ползуном, деформирующим пружину жёсткостью c . При совпадении точки A с A_0 пружина не деформирована. К коромыслу и кулачку приложены пары сил с моментами M и M_1 .

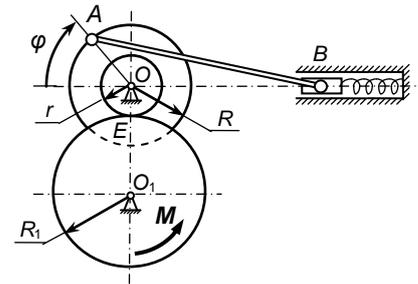
В положении, указанном на рисунке, определить величину момента M пары сил и реакции опор O , O_1 при $AO = OB = 2r = 0,2$ м; $\alpha = 30^\circ$; $c = 20$ кН/м; $M_1 = 1$ кН·м.



Задача 23.2

Механизм состоит из двух шестерен, находящихся в зацеплении и штока AB , который посредством ползуна деформирует пружину жёсткостью c . К одной из шестерён приложена пара сил с моментом M . При горизонтальном положении штока ($\varphi = 0$) пружина не деформирована.

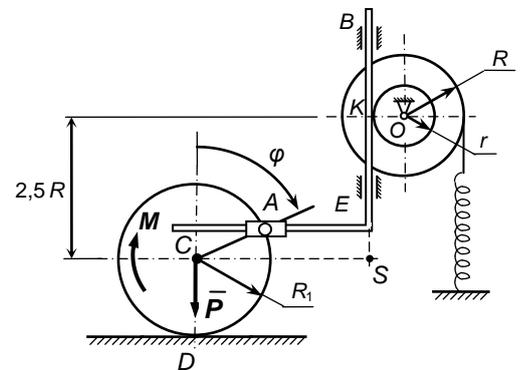
Определить величину момента M пары сил и реакции опор O , O_1 при $AB = 4R = 8r = 1$ м; $R_1 = R$; $\varphi = 90^\circ$; $c = 100$ кН/м.



Задача 24.2

В механизме, расположенном в вертикальной плоскости, цилиндрический каток связан через ползун A и изогнутый под прямым углом стержень с зубчатой шестерней, скрепленной с барабаном. К катку приложена пара сил с моментом M , пружина жесткостью c – упругая связь, удерживающая барабан, – не деформирована в положении, когда $\varphi = 0$.

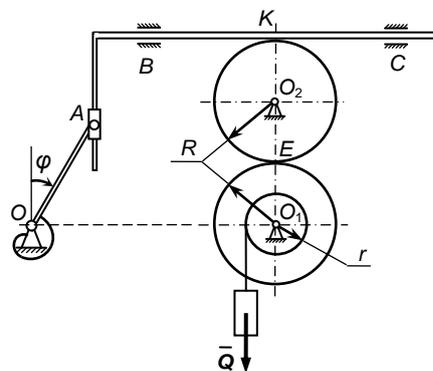
Определить величину момента M пары сил и реакции в точках D , E и опоре O при $R = R_1 = 2r = 0,2$ м; $CS = 2R$; $BS = 4R$; $ES = R$; $\varphi = 60^\circ$; $P = 5$ кН; $c = 5$ кН/м.



Задача 25.2

В механизме, расположенном в вертикальной плоскости, кривошип OA через зубчатую рейку и пару шестерен связан с барабаном, несущим груз весом Q . При вертикальном положении кривошипа ($\varphi = 0$) спиральная пружина жёсткостью c , удерживающая его, не деформирована.

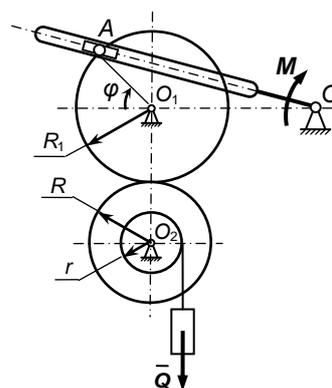
Определить величину силы Q и реакции опор O , O_1 при $OA = 1$ м; $R = 2r$; $\varphi = 30^\circ$; $c = 100$ кН·м/рад.



Задача 26.2

Механизм, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух шестерён, находящихся в зацеплении, одна из которых связана с кулисой, а другая с барабаном, несущим груз весом Q . К кулисе приложена пара сил с моментом M .

Определить величину момента M пары сил и реакции опор O , O_1 , если $OO_1 = 2R_1 = 4R = 8r = 1$ м; $\varphi = 45^\circ$; $Q = 10$ кН.

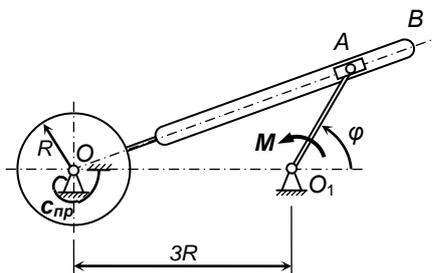


Задача 27.2

В механизме кулиса OB и кривошип O_1A связаны ползуном A . К кривошипу приложена пара сил с моментом M .

Кулиса связана с основанием спиральной пружины жёсткостью c .

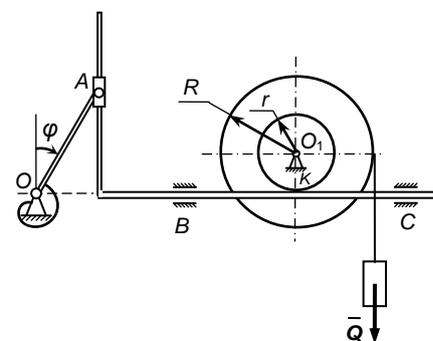
Определить величину деформации спиральной пружины, реакции опор O и O_1 при $\varphi = 60^\circ$, $M = 1$ к·Нм, $c = 20$ кН·м/рад, $O_1A = 2R$, $R_1 = 1$ м.



Задача 28.2

В кулисном механизме кривошип OA связан с кулисой, которая может двигаться поступательно в направляющих BC , ползуном A . Зубчатая рейка, закрепленная на кулисе, находится в зацеплении с шестерней O_1 , которая жестко скреплена с барабаном, несущем на нити груз Q . Кривошип связан с основанием спиральной пружины жёсткостью c , её деформация φ .

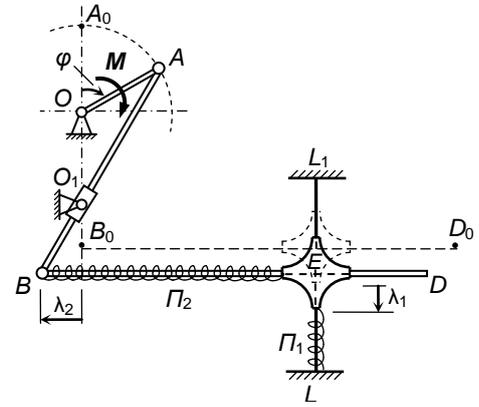
Определить вес груза Q и реакции опор O , O_1 при $\varphi = 30^\circ$, $c = 2$ кН·м/рад, $OA = 1$ м, $R = 2r$.



Задача 29.2

В механизме кривошип OA длины l связан через кулису AB и шток BD , несущий пружину Π_2 жесткостью c_2 , с муфтой Ольдгейма E . Муфта E надета на неподвижную направляющую LL_1 . При $\varphi = 0$ пружины не деформированы.

Определить жесткость c_1 пружины Π_1 при равновесии механизма, если к кривошипу OA приложена пара сил с моментом M , а угол $\varphi = 60^\circ$. Муфта E при равновесии не имеет перекоса. При расчетах принять $l = 1$ м; $AB = 2,5$ м; $c_2 = 0,1$ кН/м; $M = 1$ кН·м; $OA = OO_1$.



Задача 30.2

В кулисном механизме к кривошипу OA длины l приложена пара сил с моментом M . Кулиса O_1B длины l_1 связана шарниром со стержнем BD , который проходит через муфту Ольдгейма E . Муфта E надета на неподвижную направляющую LL_1 . Жесткость пружины Π_1 равна c_1 , жесткость пружины $\Pi_2 - c_2$. При $\varphi = 0$ пружины Π_1 и Π_2 не деформированы. Определить жесткость c_1 пружины Π_1 при равновесии кулисного механизма в положении, указанном на рисунке.

Муфта E при равновесии не имеет перекоса.

При расчетах принять $\varphi = 30^\circ$; $l = 1$ м; $l_1 = 2,5$ м; $c_2 = 0,1$ кН/м; $M = 1$ кН·м и $OA = OO_1$.

