

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
имени адмирала С.О. МАКАРОВА**

ИНСТИТУТ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Кафедра основ инженерного проектирования

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КИНЕТОСТАТИКИ
К ИССЛЕДОВАНИЮ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ**

Методические указания

Санкт-Петербург

2023

Приведены варианты заданий для выполнения курсовой работы на тему «Применение метода кинетостатики к исследованию движения механической системы с одной степенью свободы» дисциплин: «Механика» и «Теоретическая механика».

Предназначено для студентов и курсантов, обучающихся по специальностям: 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», 25.05.05 «Судовождение», 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок», 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования средств автоматики» и направлениям подготовки 26.03.01 «Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства» (по профилям «Гидрографическое обеспечение мореплавания и морских инженерных изысканий» и «Управление водными и мультимодальными перевозками») и 23.03.01 «Технология транспортных процессов» (по профилю «Организация перевозок и управление на водном транспорте») в качестве основной литературы.

Методические указания разработаны доцентом кафедры основ инженерного проектирования Гукьямуховым П.М. и доцентом той же кафедры Потехиной Е.В.

Рекомендовано к изданию на заседании кафедры основ инженерного проектирования Протокол № от

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

Метод кинетостатики — эффективный метод решения задач динамики, когда требуется найти ускорения точек тел (или угловые ускорения тел) и динамические реакции внешних связей. Уравнения метода кинетостатики сравнительно просты (очевидное преимущество метода) — напоминают уравнения равновесия (уравнения проекций сил и уравнения моментов). Методика решения задач динамики методом кинетостатики является расширенным и дополненным алгоритмом, изложенным в задании «Определение реакций опор составной конструкции (система двух тел)». В уравнениях метода кинетостатики учитывают активные силы, реакции внешних связей (как и в уравнениях равновесия статики), а также силы инерции. Каким образом ввести в уравнения метода кинетостатики силы инерции материальных точек твердого тела (привести силы инерции материальных точек тела к заданному центру), зависит от вида движения тела.

При поступательном движении твердого тела силы инерции материальных точек груза могут быть приведены к равнодействующей сил инерции

$$\vec{\Phi}_1 = -m_1 \vec{a}_1, \quad (1.1)$$

причем вектор $\vec{\Phi}_1$ направлен противоположно вектору $\vec{a}_1$ и приложен в центре масс тела (рис. 1.1).

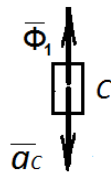


Рис. 1.1

При вращении вокруг неподвижной центральной оси C_z силы инерции материальных точек блока могут быть введены с помощью главного момента сил инерции (рис. 1.2)

$$\vec{M}_O^\Phi = -I_{Cz} \vec{\varepsilon}_2. \quad (1.2)$$

Направлен главный момент сил инерции M_2^Φ противоположно угловому ускорению ε_2 .

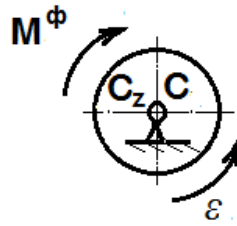


Рис. 1.2

При плоско-параллельном движении твердого тела, которое может быть представлено как сумма двух движений — поступательного вместе с полюсом (с центром масс, точкой C) с ускорением $\vec{a}_C$, и вращения вокруг полюса с угловым ускорением ε , силы инерции материальных точек тела нужно учитывать в уравнениях метода кинестатики, вводя как главный вектор сил инерции

$$\vec{\Phi}_C = -m_3 \vec{a}_C, \quad (1.3)$$

так и главный момент сил инерции (рис. 1.3)

$$\vec{M}_C^\Phi = -I_{Cz} \vec{\varepsilon}_3 \quad (1.4)$$

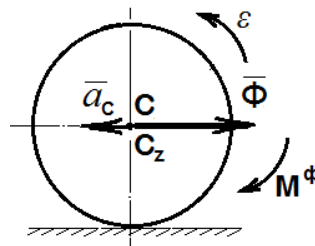


Рис. 1.3

В выражении для определения главного вектора сил инерции и главного момента сил инерции входят инерционно-массовые характеристики движущихся тел: масса (является мерой инертности тела при его поступательном движении) и осевой момент инерции (является мерой инертности тела при его вращательном движении).

Для наиболее распространенных форм твердого тела центральные моменты инерции вычислены и приводятся в соответствующих справочниках. Ниже приведены моменты инерции тел различной формы, которые могут быть полезны при решении задач.

1. Однородный тонкий стержень. (рис. 1.4)

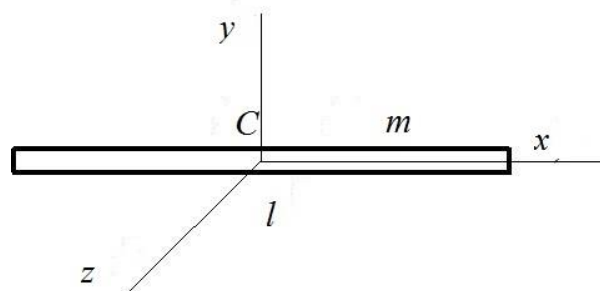


Рис. 1.4

$$I_{Cy} = I_{Cz} = \frac{ml^2}{12} \quad (1.5)$$

$$I_{Cx} = 0$$

2. Однородная круглая пластина малой постоянной толщины (рис. 1.5).

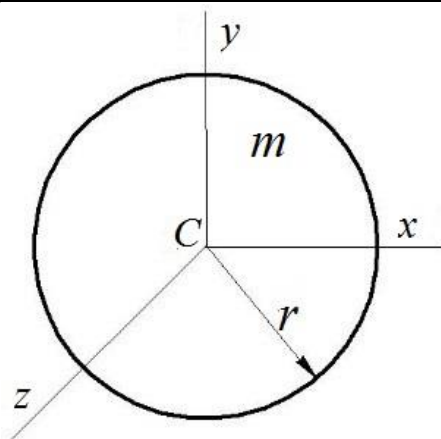


Рис. 1.5

$$I_{Cz} = \frac{mr^2}{2} \quad (1.6)$$

$$I_{Cx} = I_{Cy} = \frac{mr^2}{4} \quad (1.7)$$

3. Тонкое кольцо (материальная окружность) (рис. 1.6).

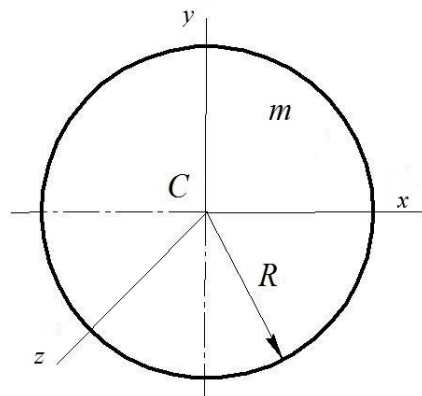


Рис. 1.6

$$I_{Cz} = mR^2 \quad (1.8)$$

Момент инерции относительно параллельной оси (теорема Гюйгенса – Штейнера).

Пусть известен момент инерции твердого тела относительно оси, проходящей через центр тяжести – I_{Cz} (центральный момент инерции). Найдем момент инерции относительно параллельной оси Oz_1 , отстоящей от оси Cz на расстоянии d . (Рис. 1.7)

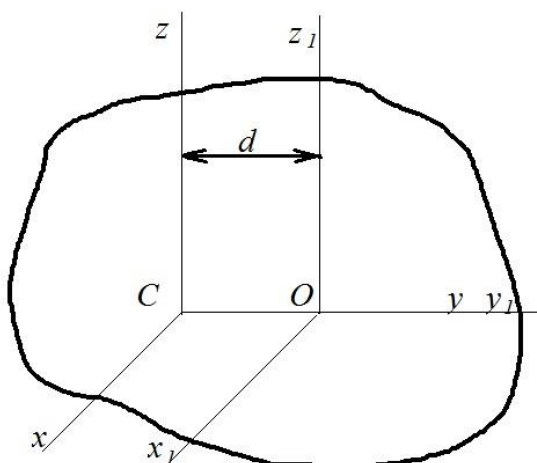


Рис. 1.7

$$I_{Oz1} = I_{Cz} + md^2 \quad (1.9)$$

Это выражение (1.9) определяет теорему Гюйгенса – Штейнера:

Момент инерции твердого тела относительно оси, параллельной центральной, равен сумме центрального момента инерции и произведения массы тела на квадрат расстояния между осями.

Часто в ходе расчетов пользуются понятием радиус инерции. Радиусом инерции тела относительно оси Oz называется линейная величина ρ_{Oz} , определяемая равенством

$$I_{Oz} = m\rho_{Oz}^2 \quad (1.10)$$

Из определения следует, что радиус инерции геометрически равен расстоянию до оси Oz той точки тела, в которой нужно сосредоточить всю его

массу, чтобы момент инерции одной этой точки был равен моменту инерции всего тела (рис. 1.8).

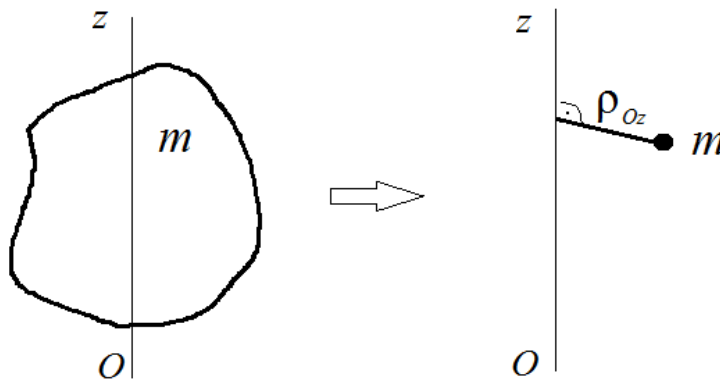


Рис. 1.8

Значения радиусов инерции так же приводятся в справочной литературе.

Например для сдвоенного блока момент инерции относительно центральной оси Cz (рис. 1.9) определяется равенством

$$I_{Cz} = m\rho_{Cz}^2, \quad (1.11)$$

где ρ_{Cz} - радиус инерции блока относительно центральной оси (м).

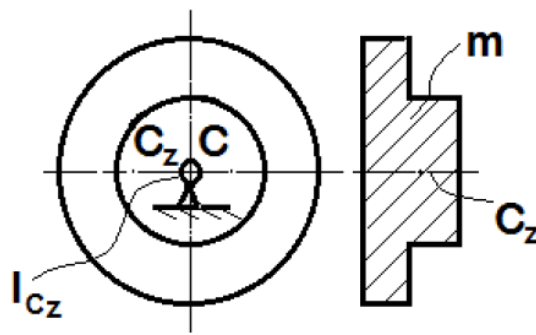


Рис. 1.9

В значительном числе случаев применение метода кинетостатики приводит к необходимости делить механическую систему на части. При этом уравнения метода кинетостатики составляют для каждой части механической системы. Причина деления – число неизвестных (динамические реакции и ускорения) больше количества уравнений (количество уравнений определяется видом системы сил). Эта ситуация — наследие метода статики. В результате получаем значительное число алгебраических уравнений. Решение оказывается громоздким, и это несомненный минус.

Однако метод кинетостатики — единственный способ найти некоторые реакции, например, реакции в опорах и силу сцепления при качении. В этом его уникальность.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ МЕТОДОМ КИНЕТОСТАТИКИ.

Решение задачи методом кинетостатики должно содержать:

1. Рисунки, включающие расчетные схемы с указанием заданных размеров механической системы. Кроме того, на расчетной схеме указывают векторы:
 - активных сил (задаваемых в условии задания);
 - сил инерции (силы инерции материальных точек тела учитывают с помощью равенств (1.2 – 1.4) в зависимости от вида движения тела и изображают, как показано на рис. 1.1 – 1.3);
 - реакций внешних связей;
 - ускорения точек тел и угловые ускорения тел.
2. Метод — указание, каким образом составлены уравнения, используемые в решении задачи.
3. Уравнения в общем (буквенном) виде.
4. Уравнения с численными значениями.
5. Решение составленных уравнений — ответы на поставленные в задании вопросы с указанием единиц измерения вычисленных значений реакций и ускорений.

Решение может содержать краткие пояснения. Выполненное задание следует сдать на проверку преподавателю.

Метод кинетостатики имеет в основе уравнения равновесия, дополненные силами инерции. Алгоритм решения аналогичен алгоритму, рассмотренному в задании СТАТИКА НА ПЛОСКОСТИ (Система тел) и представляет последовательность действий:

1. Выделить объект (тело или систему тел, движение которых будем рассматривать) и изобразить объект как свободное тело (используем аксиому освобождения от связей).
2. Приложить к объекту активную нагрузку (силы, пары сил) в соответствии с условием задачи.
3. Взамен отброшенных связей приложить к телу реакции этих связей, которые обычно определяют в п. 1, и которые будут неизвестными в уравнениях метода кинетостатики.
4. Ввести силы инерции в соответствии с частными случаями приведения сил инерции материальных точек твердого тела при его поступательном или

вращательном, или плоском движениях (см. формулы (1.1 – 1.4)). Эти силы, точнее ускорения, содержащиеся в них, также неизвестны.

5. Выполнить анализ полученной системы сил (активных, реакций внешних связей и сил инерции), ответив на вопросы:

– Получена система сил, лежащих в одной плоскости, или пространственная? (Убедиться, что – плоская).

– Каково взаимное расположение линий действия сил, и, следовательно, сколько независимых уравнений метода кинетостатики может быть составлено? Сравнить число неизвестных и количество уравнений. Если система алгебраических уравнений квадратная (т. е. число неизвестных не превышает количество уравнений метода кинетостатики), перейти к п. 6.

6. Записать уравнения метода кинетостатики, учитывающие активные силы, реакции внешних связей и силы инерции. Это уравнения проекций сил на координатные оси, указанные на расчетных схемах, и уравнение моментов сил относительно выбранного полюса. Выполнить над уравнениями действия с целью определения неизвестных (реакций связей, ускорений).

7. Проанализировать полученные результаты.

Пример решения задания:

Дано: Механическая система (рис. 2.1) движется под действием сил тяжести. Массы тел: $m_1 = 4m$ (Н), $m_2 = 2m$ (Н), $m_3 = m$ (Н). Радиус инерции блока 2 равен $\rho_{2Cz} = r\sqrt{2}$ (м), $R/r=2$. Цилиндр 3 — сплошной однородный, катится без скольжения по горизонтальной шероховатой поверхности. Массами нитей пренебречь. Силы сопротивления в подшипниках и при качении не учитывать.

Определить: ускорение груза 1 и натяжение в ветви нити, несущей этот груз.

Решение: Ускорения точек тела, угловые ускорения тел (ускорение груза 1), динамические реакции связей (натяжение в ветви нити), могут быть определены методом кинетостатики.

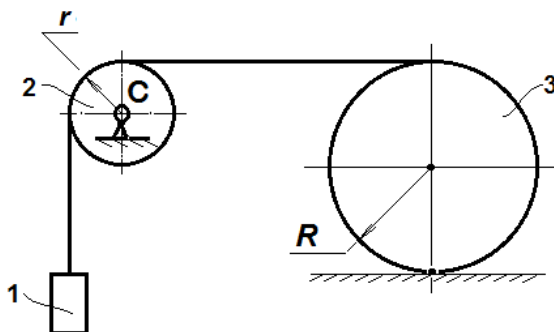


Рис. 2.1

Порядок решения задачи.

1. Метод, применяемый для решения.

В векторном виде метод кинетостатики определяют равенства:

$$\begin{aligned}\vec{F}^E + \vec{\Phi} &= 0 \\ \vec{M}_O^E + \vec{M}_O^{\Phi} &= 0\end{aligned}\quad (2.1)$$

Как следует из равенств (2.1), уравнения метода кинетостатики — это уравнения равновесия (уравнения статики), дополненные главными векторами и главными моментами сил инерции.

Каким образом ввести в уравнения метода кинетостатики силы инерции материальных точек твердого тела (привести силы инерции материальных точек тела к заданному центру), зависит от вида движения тела.

2. Кинематика под заявленный метод.

Главный вектор сил инерции зависит от ускорения центра масс тела $\vec{a}_C$, главный момент сил инерции — от углового ускорения тела ε . Так как механическая система состоит из нескольких тел, совершающих различные виды движения, в разделе «кинематика» следует выразить ускорения точек тел и угловые ускорения тел через ускорение a_1 груза 1, которое требуется определить. Цель такой процедуры — иметь в уравнениях метода кинетостатики только одно неизвестное ускорение.

Под действием сил тяжести движение может быть только ускоренное. Поэтому направим ускорение $\vec{a}_1$ тела 1 вниз. Определим, как связаны ускорения (линейные и угловые) точек А, О и тел 2 и 3 с ускорением a_1 (рис. 2.2):

$$\varepsilon_2 = \frac{a_1}{r}; \quad a_A^r = a_1; \quad a_O = 0,5a_A^r = 0,5a_1; \quad \varepsilon_3 = \frac{a_A^r}{AP} = \frac{a_A^r}{2R} = \frac{a_1}{2R}. \quad (2.2)$$

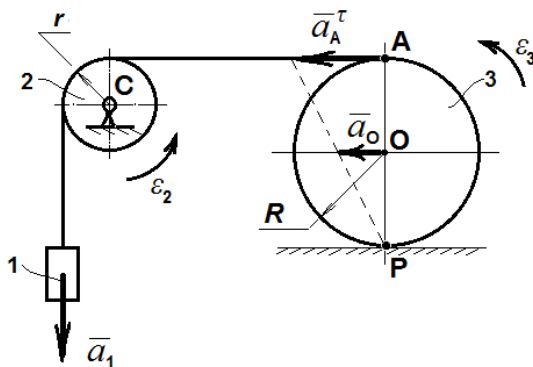


Рис. 2.2

3. Собственно решение задачи динамики.

Силы, приложенные к механической системе:

- активные $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ и $\vec{G}_3$ — задаваемые по условию задачи;
- реакции внешних связей силы $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{R}_N$ и $\vec{F}_{сц}$ — неизвестные в уравнениях;

– силы инерции, которые могут быть введены в зависимости от вида движения тела, содержащих неизвестное ускорение a_1 , образуют плоскую произвольную систему сил (рис. 2.3). Для такой системы сил могут быть составлены три независимых уравнения метода кинетостатики.

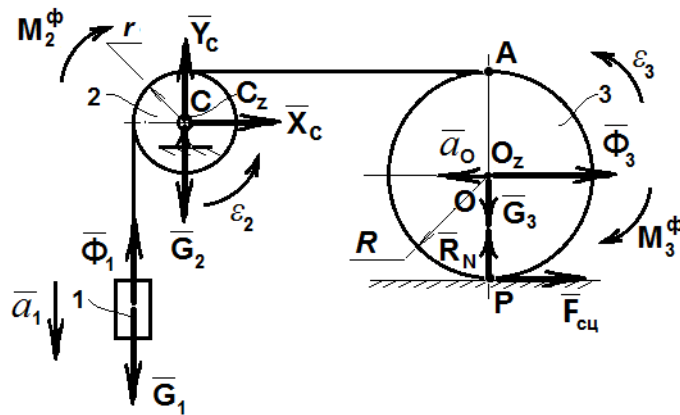


Рис. 2.3

Если составить уравнения метода кинетостатики для всей механической системы целиком, неизвестными в уравнениях будут: две составляющие полной реакции неподвижного шарнира С: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, а также нормальная реакция $\vec{R}_N$ опорной поверхности и сила сцепления $\vec{F}_{сц}$, приложенные в точке Р, а также ускорение $\vec{a}_1$, которое входит в выражения, главных векторов и главных моментов сил инерции. Неизвестных — 5. Определить 5 неизвестных с помощью трех алгебраических уравнений не получится. Известный в статике способ выйти из этой ситуации — разделить механическую систему на две, перерезав мысленно нить между телами 2 и 3 (рис. 2.4, 2.5).

Рассмотрим расчетные схемы и соответствующие уравнения метода кинетостатики, примененные к каждой части. Часть механической системы также называется механической системой.

Первая расчетная схема (см. рис. 2.4).

На механическую систему действуют:

- активные силы — силы тяжести $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$;
- реакции внешних связей — $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{F}_H$;
- силы инерции: $\vec{\Phi}_1$, M_2^Φ .

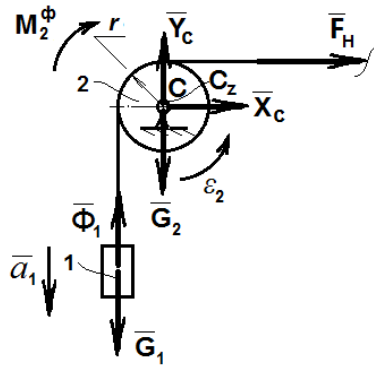


Рис. 2.4

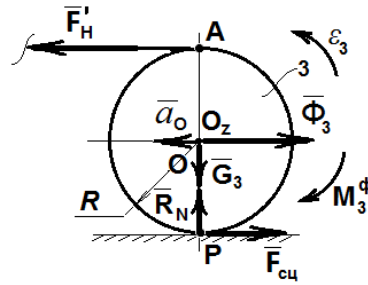


Рис. 2.5

Груз 1 движется поступательно – силы инерции материальных точек груза могут быть приведены к равнодействующей сил инерции

$$\vec{\Phi}_1 = -m_1 \vec{a}_1, \quad (2.3)$$

где $m_1=4m$ кг — масса груза 1;

вектор $\vec{\Phi}_1$ — направлен противоположно вектору $\vec{a}_1$

$$\vec{\Phi}_1 = -4m \vec{a}_1, \quad (2.4)$$

$$\Phi_1 = 4ma_1$$

Блок 2 вращается вокруг неподвижной оси C_z , следовательно, силы инерции материальных точек блока могут быть введены с помощью главного момента сил инерции

$$\vec{M}_O^\Phi = -I_{Cz} \vec{\epsilon}_2. \quad (2.5)$$

Так как задан радиус инерции второго тела $\rho_{2Cz} = r\sqrt{2}$, момент инерции равен

$$I_{Cz} = m_2 \rho_{2Cz}^2;$$

а масса второго блока $m_2=2m$ кг,

где I_{Cz} — момент инерции блока 2 относительно оси C_z ; m_2 — масса блока 2; ϵ_2 — угловое ускорение блока 2.

С учетом равенства (2.5) получим величину M_2^Φ :

$$M_2^\Phi = 2m \rho_{2Cz}^2 \cdot \frac{a_1}{r} = \frac{2mr^2 2a_1}{r} = 4ma_1 r. \quad (2.6)$$

Направлен главный момент сил инерции M_2^Φ противоположно угловому ускорению ϵ_2 , на что указывает знак минус в равенстве (2.5).

Система сил, действующих на механическую систему (см. рис. 2.4) — плоская произвольная система сил. В этом случае можно составить 3 независимые уравнения метода кинестатики. Например, два уравнения проекций сил: приравняем нулю алгебраические суммы проекций активных сил, реакций внешних связей и сил инерции на ось x , а затем — на y . Третье

уравнение — уравнение моментов: равенство нулю алгебраической суммы моментов, перечисленных выше сил относительно произвольной точки, например, C .

Запишем эти уравнения:

$$\begin{aligned}\sum F_{ix}^{E\Phi} &= X_C + F_H = 0 \\ \sum F_{iy}^{E\Phi} &= Y_C + \Phi_1 - G_1 - G_2 = 0 \\ \sum M_{iC}^{E\Phi} &= -\Phi_1 r + G_1 r - F_H r - M_2^\Phi = 0.\end{aligned}\tag{2.7}$$

После подстановок получим:

$$X_C + F_H = 0;\tag{2.8}$$

$$Y_C + 4ma_1 - 4G - 2G = 0;\tag{2.9}$$

$$-4ma_1 r + 4Gr - F_H r - 4ma_1 r = 0.\tag{2.10}$$

Система трех уравнений (2.8) – (2.10) содержит четыре неизвестные (X_C , Y_C , F_H , a_1), и поэтому пока решена быть не может.

Рассмотрим вторую расчетную схему.

Механическая система (см. рис. 2.5) движется под действием:

– *активных сил*: $\vec{G}_3$,

– *реакций внешних связей*: $\vec{F}_H$, $\vec{R}_N$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ (цилиндр 3 катится без скольжения, что обеспечивает достаточная сила сцепления $\vec{F}_{\text{сц}}$. Цилиндр 3 приводится в движение силой $\vec{F}_H$ и, следовательно, это — «ведомое колесо». В таком случае сила сцепления направлена противоположно движению центра масс — точки O . Так как коэффициент сопротивления качению не задан (пренебрежимо мал), момент сопротивления качению не учитываем),

– *сил инерции*: движение цилиндра 3 — плоскопараллельное (плоское). К цилиндру 3 следует приложить главный вектор сил инерции $\vec{\Phi}_{O3}$, направленный противоположно вектору ускорения $\vec{a}_O$ и главный момент сил инерции M_3^Φ , направленный противоположно угловому ускорению ϵ_3 .

$$\vec{\Phi}_{O3} = -m_3 \vec{a}_O,\tag{2.11}$$

Где $m_3 = m$ кг — масса цилиндра 3. Учитывая, что $a_0 = 0,5a_1$, можем записать $\Phi_{O3} = m0,5a_1$.

$$\vec{M}_O^\Phi = -I_{Oz} \vec{\epsilon}_3,\tag{2.12}$$

где $I_{Oz} = \frac{m_3 R^2}{2} = 0,5mR^2 = 0,5mR^2$ – момент инерции цилиндра 3 относительно оси O_z .

Учитывая, что $\varepsilon_3 = \frac{a_1}{2R}$, получим

$$M_3^\Phi = 0,5mR^2 \cdot \frac{a_1}{2R} = 0,25ma_1R.$$

Составим уравнения метода кинетостатики с помощью второй расчетной схемы (см. рис. 2.5) (уравнения проекций сил на оси x , y и уравнение моментов относительно точки P):

$$\begin{aligned}\sum F_{ix}^{E\Phi} &= F_{\text{сц}} + \Phi_{O3} - F'_H = 0 \\ \sum F_{iy}^{E\Phi} &= R_N - G_3 = 0 \\ \sum M_{iP}^{E\Phi} &= -\Phi_{O3}(OP) + F'_H(AP) - M_3^\Phi = 0.\end{aligned}\tag{2.13}$$

После подстановок получим

$$F_{\text{сц}} + m0,5a_1 - F'_H = 0;\tag{2.14}$$

$$R_N - G_3 = 0;\tag{2.15}$$

$$-m0,5a_1R + F'_H 2R - 0,25ma_1R = 0\tag{2.16}$$

На основании аксиомы равенства действия и противодействия

$$F'_H = F_H.\tag{2.17}$$

Решаем совместно уравнения (2.10) и (2.16) с учетом равенства (2.17) и соотношения $R/r=2$. Неизвестными в этих двух уравнениях будут a_1 и F_H .

В результате решения уравнений найдем ускорение груза 1 $a_1 = 4,685 \text{ м/с}^2$, натяжение нити в сечении II $F'_H = 0,375ma_1$.

Определение натяжения нити в сечении I.

Для нахождения натяжения нити: $\vec{F}_{H1}$ ветви, несущей груз, мысленно перережем нить, как показано на рис. 2.6. Груз 1 движется под действием сил: $\vec{G}_1$ — вес груза 1, $\vec{\Phi}_1$ — равнодействующая сил инерции груза, $\vec{F}_{H1}$ — сила натяжения нити.

Составим уравнение метода кинетостатики — приравняем нулю алгебраическую сумму проекций перечисленных выше сил на ось y :

$$\sum F_{iy}^{E\Phi} = F_{H1} + \Phi_1 - G_1 = 0$$

С учетом того, что $\Phi_1 = m_1a_1 = 4m \cdot 4,685$ и условия $G_1 = 4mg = 39,2m$ получим: $F_{H1} = 20,47m$.

Сила натяжения нити в сечении I $F_{H1} = 20,47m$ существенно меньше веса груза 1 $G_1 = 39,2m$ в связи с ускоренным движением груза вниз. В этом случае сила натяжения F_{H1} суммируется с главным вектором сил инерции Φ_1 , направление которого противоположно ускорению груза 1. Эти две силы

уравновешивают вес груза G_1 , из-за чего на натяжение нити приходится только часть силы тяжести груза (рис. 2.6).

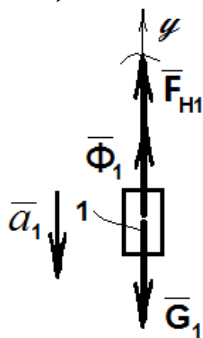


Рис. 2.6

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЗАЩИТЕ ЗАДАНИЯ

Перед выполнением задания на тему «Применение метода кинетостатики к исследованию движения механической системы с одной степенью свободы» необходимо изучить соответствующий материал по учебнику, конспекту лекций и записям, сделанным на практических занятиях, а также выяснить на консультации вопросы, вызывающие затруднения.

Задание следует выполнять на листах, скрепленных в брошюру.

Образец титульного листа приведен в приложении.

Содержание работы, предъявляемой к проверке. Решение задачи следует начинать с условия: рисунка – схемы механической системы заданной по условию задания; записать, что дано и что требуется найти. Решение должно содержать рисунок с указанием размеров и всех векторов, заданных в условии задания и определяемых решением; уравнения и формулы в общем виде; уравнения и формулы с численными значениями; значения вычисленных характеристик с указанием единиц измерения. Решение может содержать краткие пояснения. Выполненное задание следует сдать на проверку преподавателю. Задание можно защищать после исправления ошибок, отмеченных преподавателем.

Перед защитой задания в качестве подготовки к защите рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. Что называют системой материальных точек (механической системой)?
2. Каким образом можно классифицировать силы, действующие на систему материальных точек?
3. Какого рода механические связи называют идеальными?
4. Сформулируйте аксиомы динамики.
5. Как формулируются прямая и обратная задачи динамики МС?

6. Чему равна масса системы материальных точек?
7. Что выступает мерой инертности твердого тела при его поступательном движении?
8. Что называют центром масс механической системы?
9. Что называют моментом инерции твердого тела относительно некоторой оси?
10. Что выступает мерой инертности твердого тела при его вращательном движении?
11. Как определяются моменты инерции твердого тела относительно координатных осей Ox, Oy, Oz , если известны координаты точек тела?
12. Что называют радиусом инерции твердого тела (относительно некоторой оси)?
13. Как формулируется теорема Штейнера–Гюйгенса (о моментах инерции тела относительно параллельных осей)?
14. Чему равен момент инерции сплошного однородного цилиндра относительно его оси симметрии?
15. Момент инерции относительно какой оси (из семейства параллельных) будет наименьшим?
16. Как формулируется Принцип Даламбера для случая движения материальной точки?
17. Чему равна и как направлена сила инерции материальной точки?
18. Чему равна и как направлена касательная составляющая силы инерции материальной точки?
19. Чему равна и как направлена центробежная составляющая силы инерции материальной точки?
20. Как формулируется принцип Даламбера для случая движения механической системы?
21. Можно ли силы инерции приводить к определенному центру (точке), как это делают применительно к реальным силам?
22. К чему приводятся силы инерции точек твердого тела при его поступательном движении? При поступательном равномерном движении? При поступательном равномерном прямолинейном движении?
23. К чему приводятся силы инерции точек твердого тела при его вращении вокруг неподвижной центральной оси?
24. К чему приводятся силы инерции точек твердого тела при его вращении вокруг неподвижной нецентральной оси?
25. К чему приводятся силы инерции точек твердого тела при его плоскопараллельном движении?
26. В чем состоит метод кинетостатики?
27. Что, помимо внешних сил, надо приложить к твердому телу, если его поступательное движение предполагается изучать методом кинетостатики?

28. Что, помимо внешних сил, надо приложить к твердому телу, если его вращательное движение предполагается изучать методом кинетостатики?
29. Что, помимо внешних сил, надо приложить к твердому телу, если его плоское движение предполагается изучать методом кинетостатики?
30. Какие кинематические характеристики механической системы позволяет получить метод кинетостатики?
31. В чем заключаются недостатки метода кинетостатики?
32. В чем заключаются преимущества метода кинетостатики?
33. При ускоренном подъёме груза, прикрепленного к вертикальному тросу, сила натяжения троса: 1. больше силы тяжести груза? 2. меньше силы тяжести груза? 3. равна силе тяжести груза?
34. Механическая система представляет собой твердое тело, равномерно вращающееся вокруг неподвижной центральной оси. Будут ли отличаться уравнения статики и кинетостатики для такой механической системы?

4. ВАРИАНТЫ УСЛОВИЙ ЗАДАНИЙ

Задача

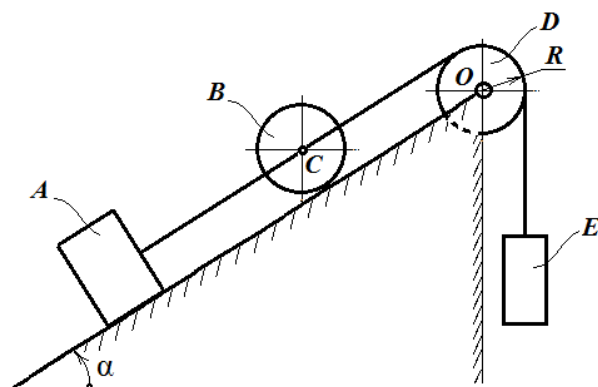
Для заданной механической системы определить ускорения грузов и натяжения в ветвях нитей, несущих грузы.

В начальный момент времени система находилась в состоянии покоя и пришла в движение под действием сил тяжести или заданных в условии активных сил.

Массами нитей пренебречь. Силы сопротивления при качении и в подшипниках не учитывать. Блоки и катки, для которых моменты инерции в таблице не указаны, считать сплошными однородными дисками (цилиндрами).

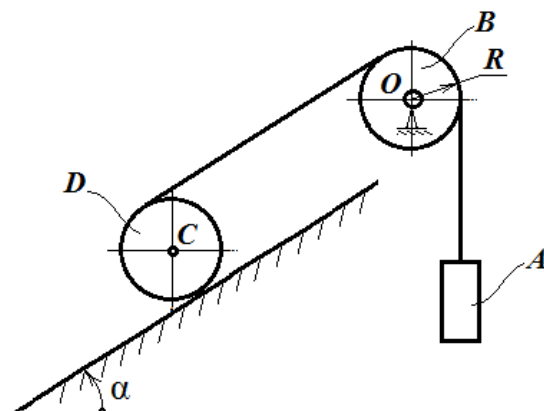
В вариантах задания №№ 5, 20, 21, 26, 30, 31 определить также опорные реакции конструкции, поддерживающей систему.

Вариант № 1



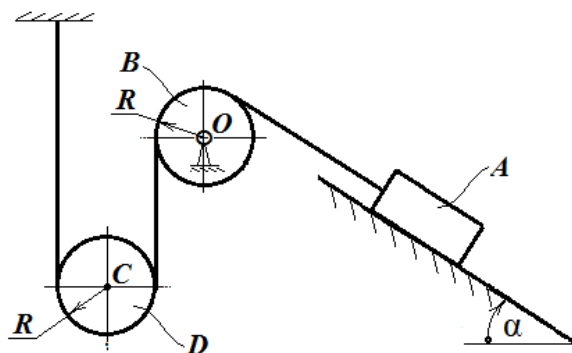
№ ва р.	массы тел, кг				α , град	коэффиц иент трения скольжен ия f
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>E</i>		
1	2	3	1	4	30	0,30
2	6	2	3	5	45	0,60
3	3	4	2	3	35	0,40
4	4	2	1	3	40	0,20
5	5	3	2	3	25	0,35
6	7	2	3	4	30	0,45
7	3	3	1	2	40	0,25
8	9	5	2	4	35	0,70

Вариант № 2



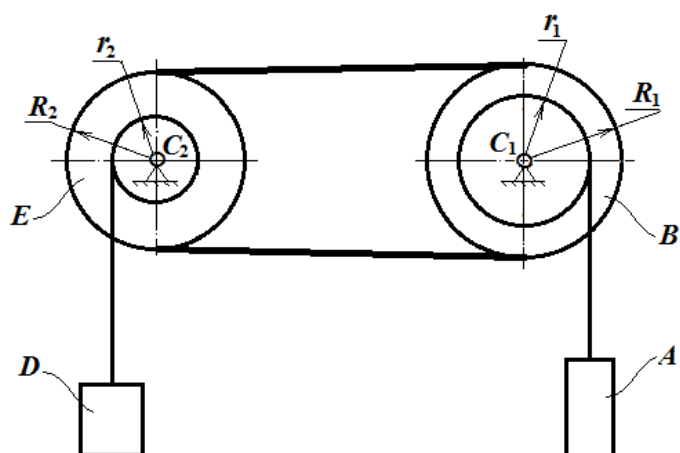
№ ва р.	массы тел, кг			α , град
	A	B	D	
1	3	2	7	30
2	4	1	6	60
3	12	3	4	45
4	5	2	8	15
5	4	2	6	25
6	13	1	5	35
7	3	2	10	40
8	15	2	9	55

Вариант № 3



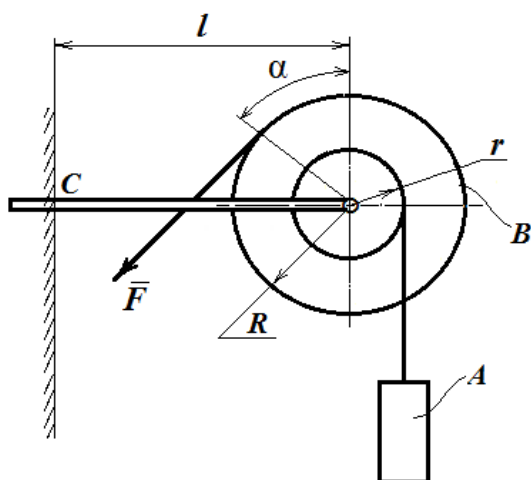
№ ва р.	массы тел, кг			α , град	коэффиц иент трения скольжен ия f
	A	B	D		
1	5	2	3	45	0,4
2	4	3	10	30	0,3
3	12	4	5	40	0,5
4	7	3	15	20	0,6
5	8	2	3	35	0,3
6	9	3	17	30	0,4
7	16	5	6	45	0,2
8	11	6	20	25	0,5

Вариант № 4



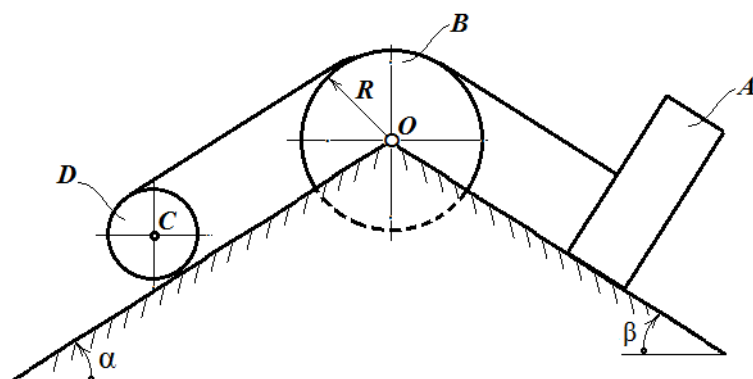
№ вар.	массы тел, кг				радиусы инерции, м		дополнительные сведения
	A	B	D	E	ρ_{BZ}	ρ_{EZ}	
1	20	5	20	9	$r_1\sqrt{2}$	$r_2/\sqrt{2}$	$r_1=2 r_2, R_1 =R_2$
2	40	10	30	5	$r_1\sqrt{5}$	$2r_2$	$r_1=2 r_2, R_1 =R_2$
3	15	6	25	4	$2r_1$	r_2	$r_1=2 r_2, R_1 =R_2$
4	35	7	40	10	$r_1\sqrt{2/3}$	$r_2/\sqrt{2}$	$r_1=2 r_2, R_1 =R_2$
5	10	3	15	4	$r_1/\sqrt{5}$	$3r_2$	$r_1=2 r_2, R_1 =R_2$
6	25	11	20	7	$r_1\sqrt{3}$	$r_2/2$	$r_1=2 r_2, R_1 =R_2$
7	60	15	50	10	$r_1\sqrt{2}$	$3r_2$	$r_1=2 r_2, R_1 =R_2$
8	45	9	35	15	r_1	$r_2/3$	$r_1=2 r_2, R_1 =R_2$

Вариант № 5



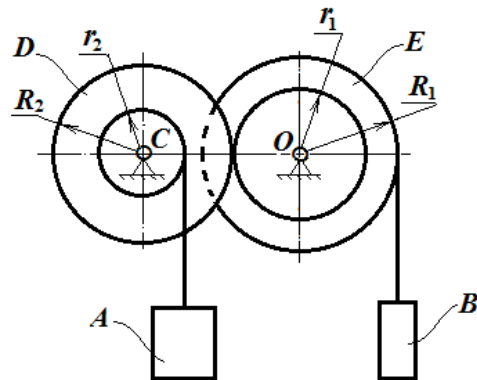
№ вар.	массы тел, кг		R/r	радиусы инерции, м	сила F , Н	l , м	α , град
	A	B		ρ_{BZ}			
1	30	5	2	$r\sqrt{3}$	350	1,3	30
2	45	10	1,5	$5r$	400	0,2	45
3	50	8	2	$2r$	550	1,1	60
4	60	12	1,5	$r/3$	450	0,9	55
5	40	6	1,2	$r\sqrt{2}$	600	1,0	45
6	80	11	2	$r/\sqrt{3}$	750	0,8	65
7	100	20	1,6	r	800	1,2	50
8	90	16	1,4	$r/\sqrt{5}$	500	1,1	25

Вариант № 6



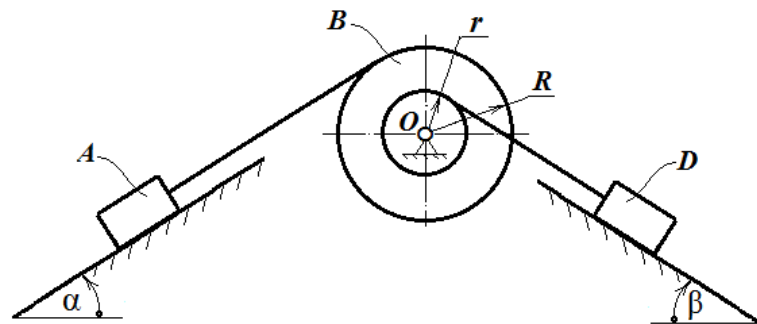
№ ва р.	массы тел, кг			α , град	β , град	коэффициент трения f
	A	B	D			
1	4	2	1	30	45	0,5
2	3	2	6	60	30	0,8
3	7	3	4	45	30	0,7
4	6	1	10	15	35	0,4
5	8	2	3	25	40	0,3
6	5	3	15	35	45	0,5
7	3	4	2	40	30	0,4
8	9	5	4	55	35	0,6

Вариант № 7



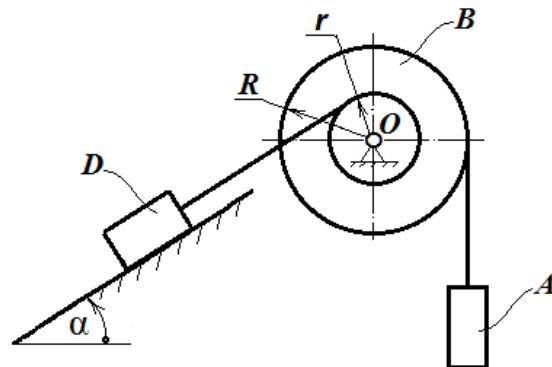
№ вар.	массы тел, кг				R_2/r_2	радиусы инерции, м		дополнительные сведения
	A	B	D	E		ρ_{DZ}	ρ_{EZ}	
1	30	15	2	5	2	$r_2\sqrt{2}$	$r_1\sqrt{7}$	$r_1=2 r_2, R_1=R_2$
2	60	10	4	7	4	$r_2\sqrt{3}$	r_1	$r_1=2 r_2, R_1=R_2$
3	15	8	3	6	3	$2\sqrt{2}r_2$	$r_1\sqrt{2}$	$r_1=2 r_2, R_1=R_2$
4	10	6	1	4	1,5	$r_2/\sqrt{2}$	$5r_1$	$r_1=2 r_2, R_1=R_2$
5	25	20	10	9	1,3	$r_2/\sqrt{3}$	$2r_1$	$r_1=2 r_2, R_1=R_2$
6	35	9	5	7	2	$r_2\sqrt{5}$	$r_1\sqrt{3}$	$r_1=2 r_2, R_1=R_2$
7	50	11	20	3	2,5	$2r_2$	$r_1\sqrt{2}$	$r_1=2 r_2, R_1=R_2$
8	12	3	8	1	2,6	$3\sqrt{5}r_2$	$r_1/\sqrt{3}$	$r_1=2 r_2, R_1=R_2$

Вариант № 8



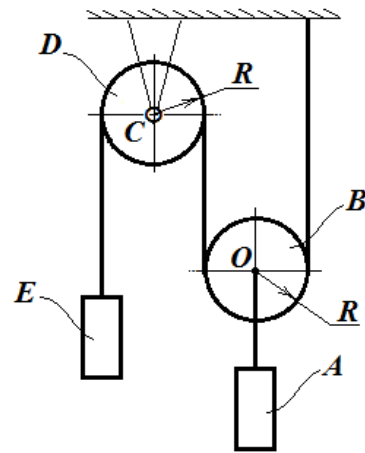
№ ва р.	массы тел, кг			радиус инерции $\rho_{OZ},$ м	R/r	$\alpha,$ град	$\beta,$ град	коэффициент трения f
	A	B	D					
1	12	3	6	$r\sqrt{3}$	2,0	30	45	0,40
2	9	2	20	$r\sqrt{5}$	1,5	45	35	0,50
3	5	1	2	$2 r\sqrt{3}$	3,0	35	40	0,35
4	7	3	15	$r\sqrt{6}$	2,5	40	30	0,20
5	14	2	5	$3r\sqrt{5}$	3,0	25	45	0,30
6	8	4	2	$r\sqrt{2}$	2,0	30	60	0,45
7	6	3	16	$r\sqrt{7}$	2,0	40	25	0,25
8	10	5	4	$r\sqrt{3}$	1,5	35	45	0,15

Вариант № 9



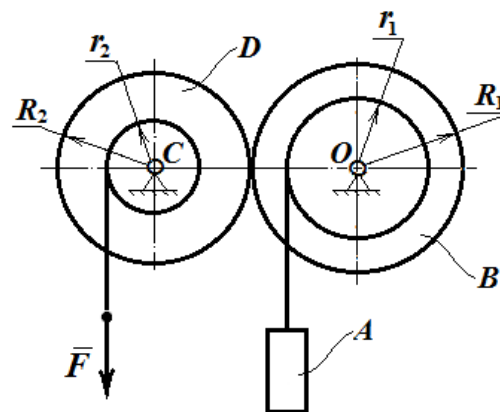
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	α , град	коэффициент трения f
	A	B	D		ρ_{OZ}		
1	12	2	70	3	$r\sqrt{2}$	30	0,2
2	9	1	15	2	$3r$	45	0,3
3	25	3	16	1,5	$2\sqrt{5}r$	60	0,2
4	30	10	60	4	$r/\sqrt{3}$	50	0,4
5	16	8	90	5	$r/\sqrt{2}$	25	0,1
6	24	6	24	1,4	$2r$	55	0,3
7	18	7	28	1,2	$4r$	65	0,5
8	22	12	30	2,5	$r\sqrt{3}$	40	0,2

Вариант № 10



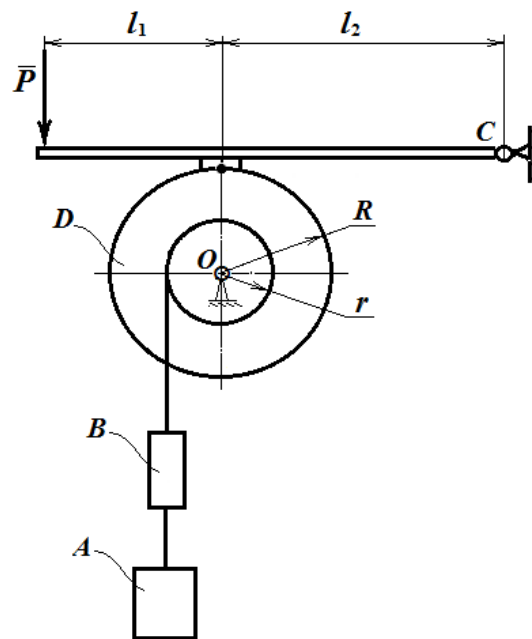
№ ва р.	массы тел, кг			
	A	B	D	E
1	8	2	9	7
2	5	1	6	10
3	11	5	4	8
4	7	4	11	14
5	9	3	7	4
6	6	2	3	12
7	10	6	2	9
8	6	7	5	3

Вариант № 11



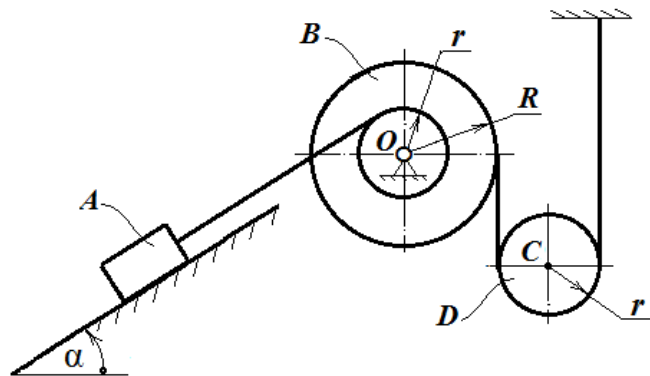
№ вар.	массы тел, кг			радиусы инерции, м		сила F , Н	дополнительные сведения
	A	B	D	ρ_{BZ}	ρ_{DZ}		
1	20	6	10	$r_1\sqrt{2}$	$r_2/\sqrt{3}$	200	$r_2 = 2 r_1, R_2 = R_1$
2	15	9	11	$4r_1$	$3r_2$	150	$r_2 = 2 r_1, R_2 = R_1$
3	19	7	9	$3r_1$	$r_2\sqrt{3}$	180	$r_2 = 2 r_1, R_2 = R_1$
4	20	8	8	$r_1/2$	$r_2/\sqrt{5}$	220	$r_2 = 2 r_1, R_2 = R_1$
5	25	6	5	$r_1\sqrt{2}$	r_2	300	$r_2 = 2 r_1, R_2 = R_1$
6	30	5	4	$r_1/\sqrt{5}$	$r_2/\sqrt{3}$	400	$r_2 = 2 r_1, R_2 = R_1$
7	40	3	6	r_1	r_2	350	$r_2 = 2 r_1, R_2 = R_1$
8	25	4	7	$r_1/\sqrt{5}$	$r_2\sqrt{5}$	250	$r_2 = 2 r_1, R_2 = R_1$

Вариант № 12



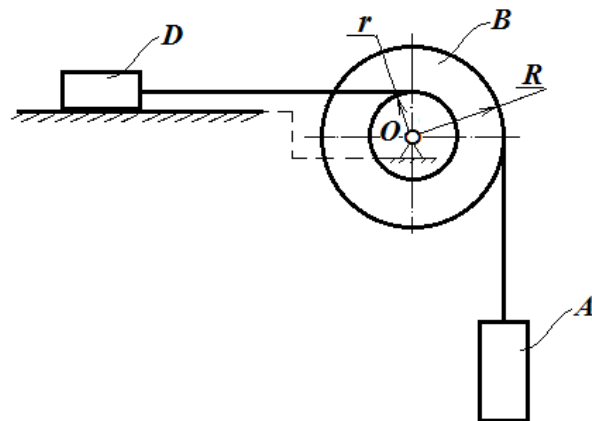
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	сила P , Н	коэффициент трения f	дополнитель ные сведения
	A	B	D		ρ_{OZ}			
1	50	10	4	2	$r\sqrt{2}$	20	0,2	$l_2 = 2l_1$
2	40	5	3	1,5	$5r$	15	0,1	$l_2 = 2l_1$
3	35	8	4	3	$3\sqrt{2}r$	14	0,3	$l_2 = 2l_1$
4	60	10	5	1,2	$r/\sqrt{2}$	10	0,2	$l_2 = 2l_1$
5	55	6	2	2,5	$2r$	12	0,4	$l_2 = 2l_1$
6	20	3	2	1,4	$r/\sqrt{3}$	6	0,2	$l_2 = 2l_1$
7	15	2	4	1,3	$3r$	3	0,3	$l_2 = 2l_1$
8	45	15	5	1,1	$r\sqrt{5}$	8	0,1	$l_2 = 2l_1$

Вариант № 13



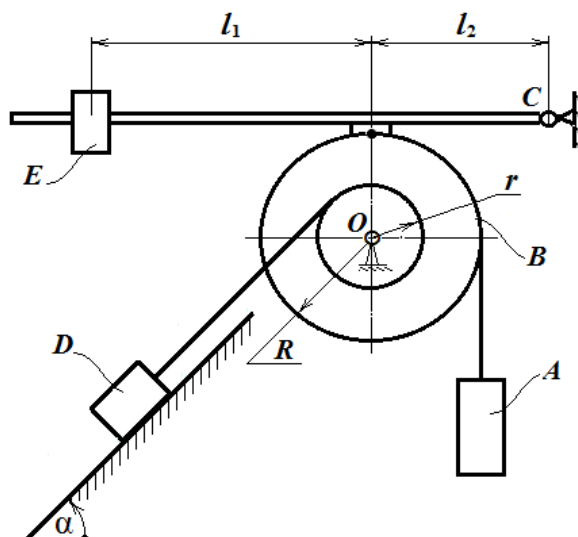
№ вар.	массы тел, кг			радиусы инерции ρ_{OZ} , м	R/r	α , град	коэффициент трения f
	A	B	D				
1	8	3	1	$r\sqrt{3}$	2,0	30	0,35
2	6	2	3	$r\sqrt{5}$	1,5	45	0,45
3	3	4	7	$2 r\sqrt{3}$	3,0	35	0,40
4	4	2	1	$r\sqrt{6}$	2,5	40	0,25
5	5	3	2	$r\sqrt{5}$	3,0	25	0,30
6	7	2	3	$r\sqrt{2}$	2,0	30	0,45
7	9	3	1	$r\sqrt{7}$	2,0	40	0,20
8	4	5	12	$r\sqrt{3}$	1,5	35	0,50

Вариант № 14



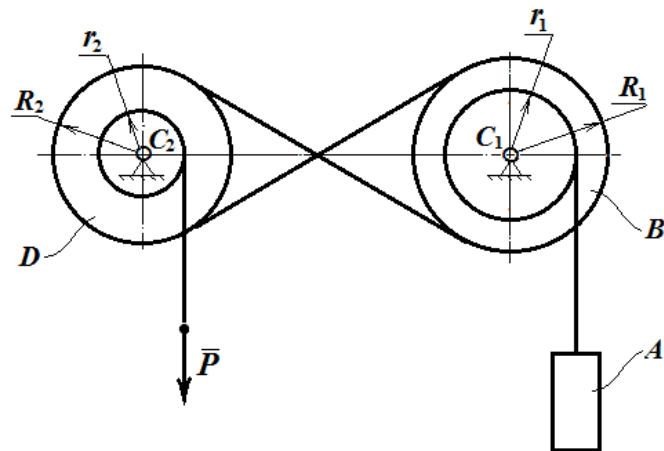
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	коэффициент трения f
	A	B	D		ρ_{Oz}	
1	20	5	35	1,2	$r\sqrt{3}$	0,1
2	15	4	25	1,5	r	0,3
3	30	6	70	3	$2r$	0,2
4	25	3	50	2,5	$r/\sqrt{2}$	0,1
5	40	8	65	2	$r/\sqrt{3}$	0,1
6	45	7	80	2,2	$2r$	0,2
7	18	2	75	3	$0,2r$	0,3
8	22	3	65	4	$r\sqrt{3}$	0,2

Вариант № 15



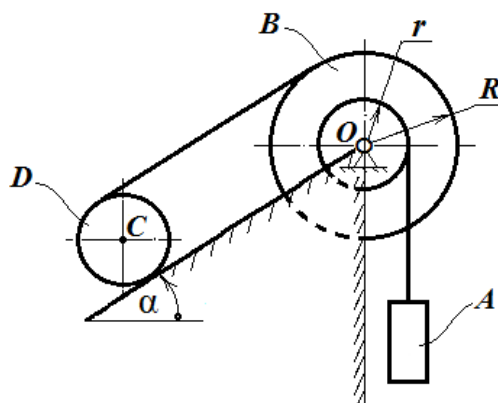
№ вар.	массы тел, кг				R/r	радиусы инерции м	коэффици- ент трения f	α , град	дополнитель- ные сведения
	A	B	D	E		ρ_{OZ}			
1	30	5	15	2	4	$r\sqrt{3}$	0,2	60	$l_1 = 2l_2$
2	25	3	10	1	3	$r\sqrt{2}$	0,1	45	$l_1 = 2l_2$
3	40	6	30	5	5	$3\sqrt{2}r$	0,3	55	$l_1 = 2l_2$
4	15	4	9	3	1,5	$r/\sqrt{5}$	0,4	35	$l_1 = 2l_2$
5	20	3	17	2	2	$7r$	0,2	65	$l_1 = 2l_2$
6	36	5	26	1,5	3	$2r/\sqrt{5}$	0,5	40	$l_1 = 2l_2$
7	28	4	20	4	2,5	$5r$	0,1	25	$l_1 = 2l_2$
8	44	7	35	3	4	$r\sqrt{3}$	0,3	30	$l_1 = 2l_2$

Вариант № 16



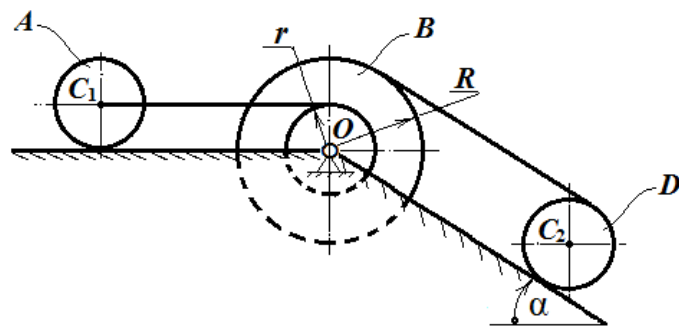
№ вар.	массы тел, кг			радиусы инерции, м		сила P , Н	дополнительные сведения
	A	B	D	ρ_{DZ}	ρ_{BZ}		
1	10	5	5	$r_2\sqrt{3}$	$r_1/\sqrt{2}$	100	$r_1 = 2 r_2, R_1 = R_2$
2	15	6	7	$2r_2$	$3r_1$	140	$r_1 = 2 r_2, R_1 = R_2$
3	18	4	6	$4r_2$	$r_1\sqrt{2}$	200	$r_1 = 2 r_2, R_1 = R_2$
4	12	3	4	$r/3$	$r_1/\sqrt{2}$	150	$r_1 = 2 r_2, R_1 = R_2$
5	20	8	10	$r_2\sqrt{3}$	$5r_1$	250	$r_1 = 2 r_2, R_1 = R_2$
6	15	6	8	$r_2/\sqrt{3}$	$r_1/\sqrt{2}$	300	$r_1 = 2 r_2, R_1 = R_2$
7	11	5	6	$r_2\sqrt{5}$	$2r_1$	120	$r_1 = 2 r_2, R_1 = R_2$
8	14	2	5	$3r_2$	$r_1/\sqrt{5}$	180	$r_1 = 2 r_2, R_1 = R_2$

Вариант № 17



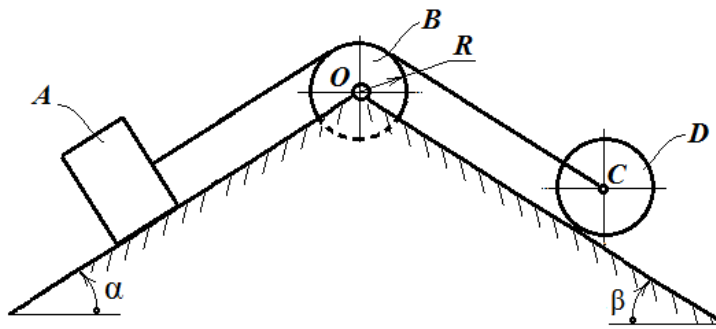
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	α , град
	A	B	D		ρ_{OZ}	
1	25	5	14	2	$4r$	45
2	24	8	50	1,5	r	60
3	30	6	60	1,2	$2r$	35
4	18	4	30	3	$r/\sqrt{2}$	40
5	45	10	40	1,4	$3r$	55
6	50	9	50	2,5	$5r$	30
7	35	6	30	2,2	$2r$	65
8	60	12	60	2,6	$r/2$	25

Вариант № 18



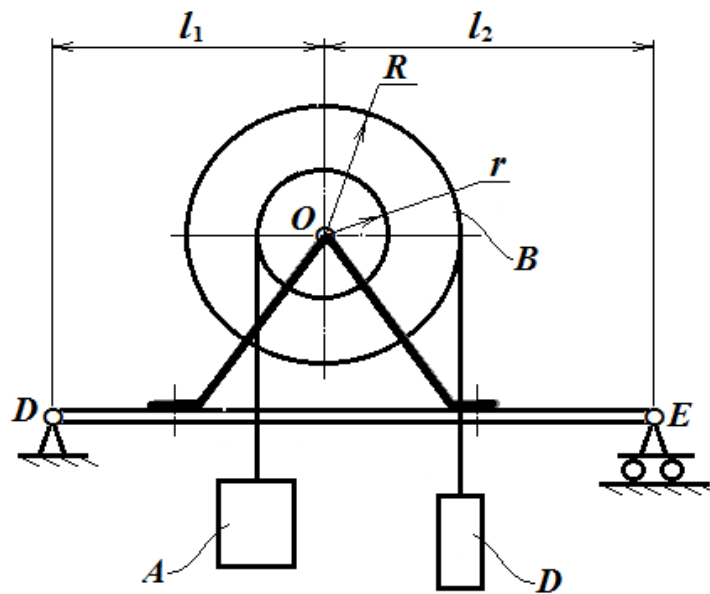
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	α , град
	A	B	D		ρ_{OZ}	
1	10	2	10	1,5	$2r$	60
2	15	3	15	2	$4r$	45
3	9	1	8	1,4	$3\sqrt{3}r$	55
4	14	2	11	3	$r\sqrt{2}$	30
5	13	3	9	2,5	r	50
6	20	5	14	4	$3r$	65
7	16	4	7	2	$r/\sqrt{3}$	40
8	8	1	5	1,6	$r\sqrt{3}$	20

Вариант № 19



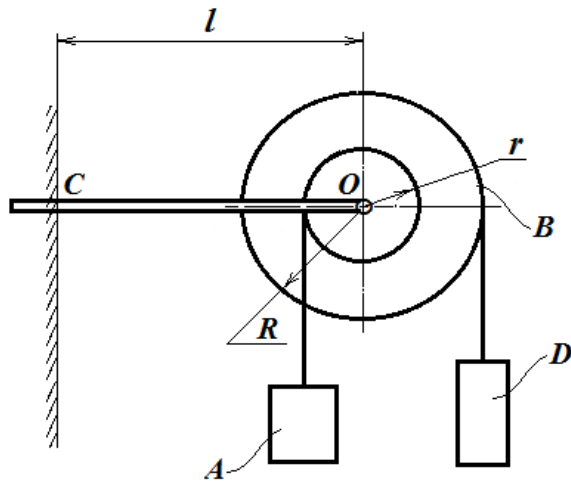
№ ва р.	массы тел, кг			α , град	β , град	коэффициент трения f
	A	B	D			
1	12	3	5	35	40	0,45
2	5	2	18	40	30	0,30
3	7	1	3	25	35	0,25
4	9	3	25	35	40	0,15
5	6	2	4	45	30	0,35
6	14	3	6	30	40	0,40
7	11	4	20	25	30	0,25
8	8	2	4	30	45	0,30

Вариант № 20



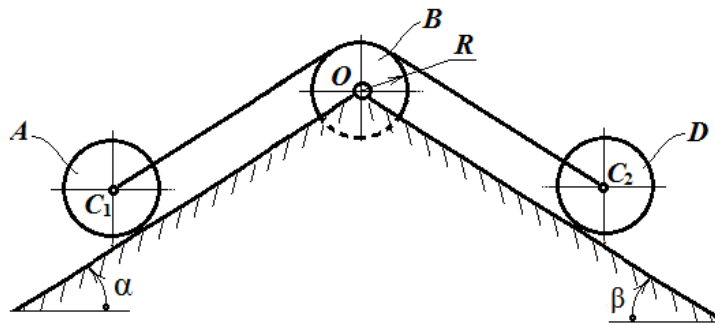
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	дополнительные сведения
	A	B	D		ρ_{OZ}	
1	10	8	4	3	$r\sqrt{2}$	$l_2 = 3l_1$
2	15	5	6	1,2	$r\sqrt{7}$	$l_2 = 3l_1$
3	20	4	12	2	$3\sqrt{2}r$	$l_2 = 3l_1$
4	35	6	9	1,5	$r/\sqrt{5}$	$l_2 = 3l_1$
5	14	7	10	3	$r/\sqrt{2}$	$l_2 = 3l_1$
6	19	3	14	4	$r\sqrt{7}$	$l_2 = 3l_1$
7	23	5	20	1,3	$5r$	$l_2 = 3l_1$
8	17	2	13	5	$3\sqrt{2}r$	$l_2 = 3l_1$

Вариант № 21



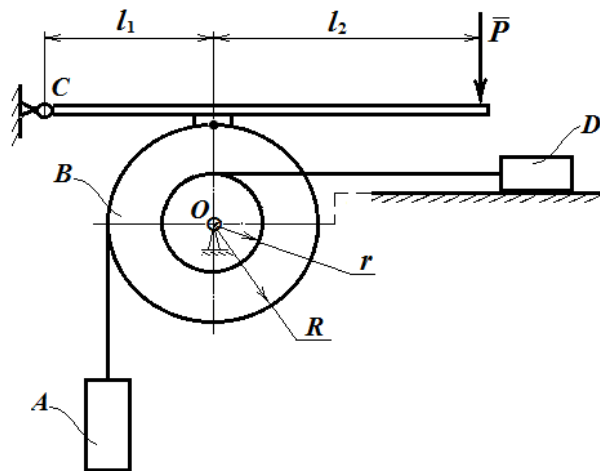
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	l , м
	A	B	D		ρ_{Oz}	
1	30	2	9	1,5	$r\sqrt{3}$	1,1
2	60	3	12	2	$2r$	1,2
3	14	1	10	3	$5r$	0,9
4	25	4	14	1,6	$r/\sqrt{3}$	1,3
5	16	1	6	4	$4r$	1,5
6	32	3	16	1,8	$2r$	1,4
7	100	4	24	2,5	$7r$	1,0
2	30	2	14	2,3	$r/\sqrt{2}$	1,3

Вариант № 22



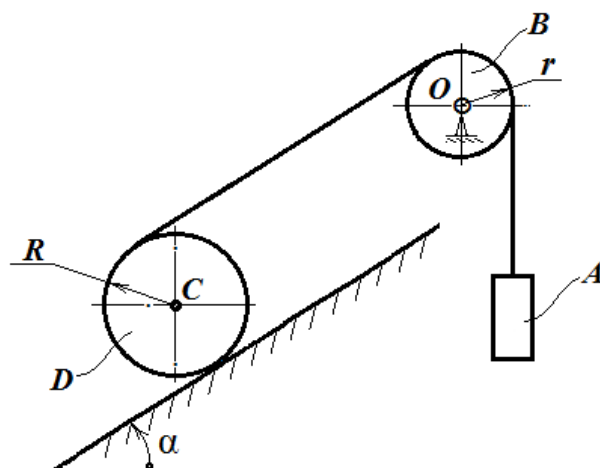
№ вар.	массы тел, кг			α , град	β , град
	A	B	D		
1	20	3	9	30	45
2	7	2	15	40	35
3	9	1	16	45	25
4	18	4	6	35	45
5	6	2	14	40	30
6	10	3	5	30	60
7	11	4	25	55	40
8	14	5	7	35	30

Вариант № 23



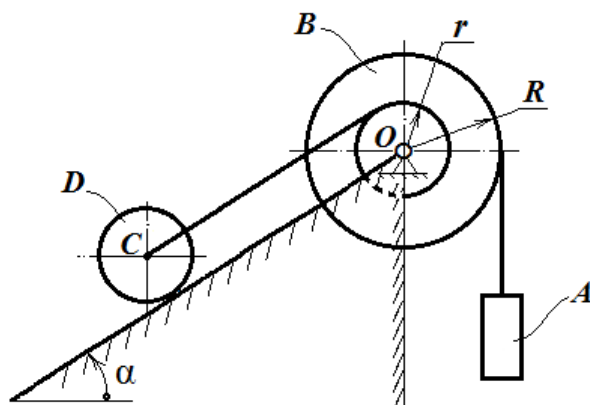
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	сила P , Н	коэффициент трения f	дополнительные сведения
	A	B	D		ρ_{OZ}			
1	80	10	50	5	$r\sqrt{2}$	40	0,4	$l_2 = 3l_1$
2	100	11	70	3	r	35	0,3	$l_2 = 3l_1$
3	60	6	20	4	$2\sqrt{2}r$	20	0,2	$l_2 = 3l_1$
4	75	8	30	2	$r/\sqrt{7}$	60	0,2	$l_2 = 3l_1$
5	140	15	80	2,5	$4r$	80	0,3	$l_2 = 3l_1$
6	50	4	25	1,5	$2r/\sqrt{3}$	50	0,5	$l_2 = 3l_1$
7	25	3	10	2	$2r$	45	0,1	$l_2 = 3l_1$
8	30	2	15	4	$r\sqrt{2}$	30	0,4	$l_2 = 3l_1$

Вариант № 24



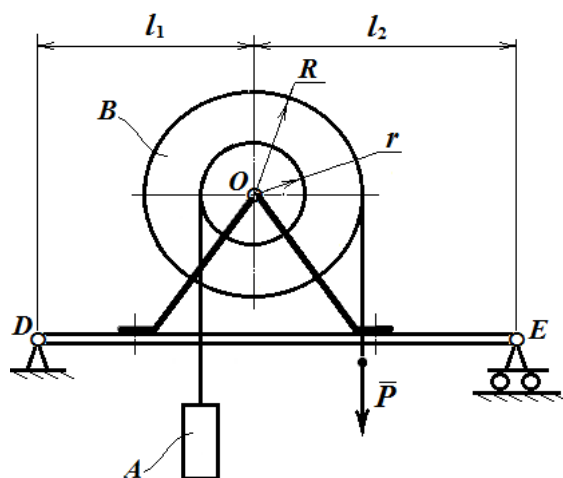
№ ва р.	массы тел, кг			α , град
	A	B	D	
1	2	1	8	45
2	4	3	9	55
3	3	3	7	40
4	6	2	1	60
5	5	4	12	65
6	4	2	10	25
7	3	2	8	30
8	7	4	3	35

Вариант № 25



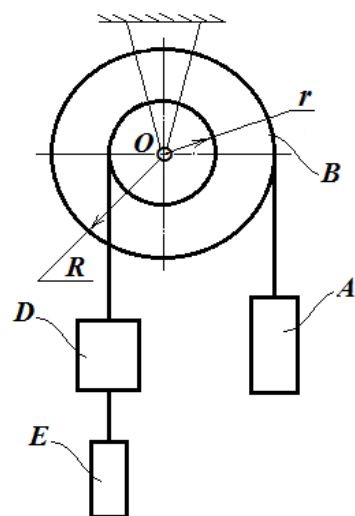
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	α , град
	A	B	D		ρ_{OZ}	
1	5	1	20	2	$3r$	50
2	8	2	15	3	r	55
3	4	1	2	1,5	$2\sqrt{2}r$	45
4	6	2	3	4	$r\sqrt{3}$	60
5	10	4	50	3	$2r$	35
6	7	3	25	1,4	$3r$	40
7	9	3	40	2,1	$r/\sqrt{2}$	30
8	11	5	11	3	$r\sqrt{5}$	65

Вариант № 26



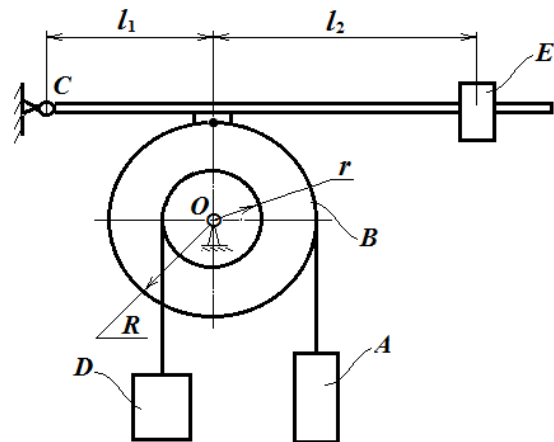
№ вар.	массы тел, кг		R/r	сила P , Н	радиусы инерции, м	дополнительные сведения
	A	B			ρ_{OZ}	
1	14	8	2	500	$r\sqrt{5}$	$l_2 = 2l_1$
2	9	4	1,5	450	$r\sqrt{3}$	$l_2 = 2l_1$
3	12	6	3	700	$5\sqrt{2}r$	$l_2 = 2l_1$
4	10	7	1,2	550	$r/\sqrt{7}$	$l_2 = 2l_1$
5	25	5	4	400	$r/\sqrt{2}$	$l_2 = 2l_1$
6	18	3	1,1	350	$r/\sqrt{3}$	$l_2 = 2l_1$
7	16	9	1,8	800	$2r$	$l_2 = 2l_1$
8	24	10	5	700	$3\sqrt{5}r$	$l_2 = 2l_1$

Вариант № 27



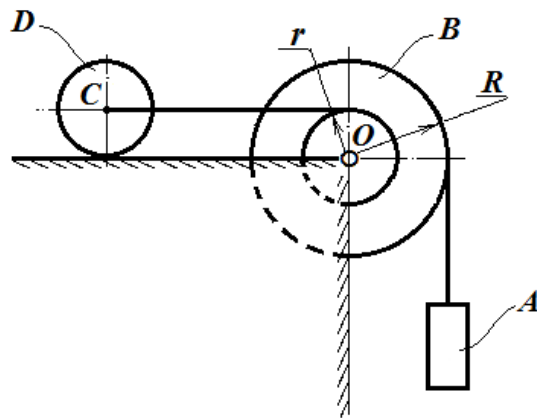
№ вар.	массы тел, кг				R/r	радиусы инерции, м
	A	B	D	E		ρ_{OZ}
1	10	2	15	25	5	$r\sqrt{2}$
2	15	3	5	1	6	$5r$
3	30	4	20	20	4	$2\sqrt{3}r$
4	40	6	60	30	3	$r\sqrt{2}$
5	25	2	40	5	2,5	$3r$
6	35	2	35	35	4	$10r$
7	60	3	60	20	3	$r\sqrt{5}$
8	55	5	50	10	2	$r\sqrt{3}$

Вариант № 28



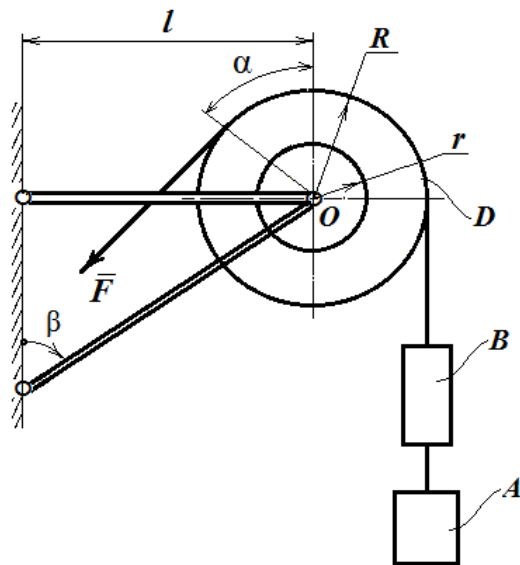
№ вар.	массы тел, кг				R/r	радиусы инерции, м	коэффициент трения f	дополнительные сведения
	A	B	D	E		ρ_{OZ}		
1	25	5	14	2	2	$4r$	0,2	$l_2 = 3l_1$
2	24	8	50	3	1,5	r	0,1	$l_2 = 3l_1$
3	30	6	60	4	1,2	$2r$	0,3	$l_2 = 3l_1$
4	18	4	30	2	3	$r/\sqrt{2}$	0,5	$l_2 = 3l_1$
5	45	10	40	1	1,4	$3r$	0,4	$l_2 = 3l_1$
6	50	9	50	1	2,5	$5r$	0,2	$l_2 = 3l_1$
7	35	6	30	3	2,2	$2r$	0,3	$l_2 = 3l_1$
8	60	12	60	10	2,6	$r/2$	0,1	$l_2 = 3l_1$

Вариант № 29



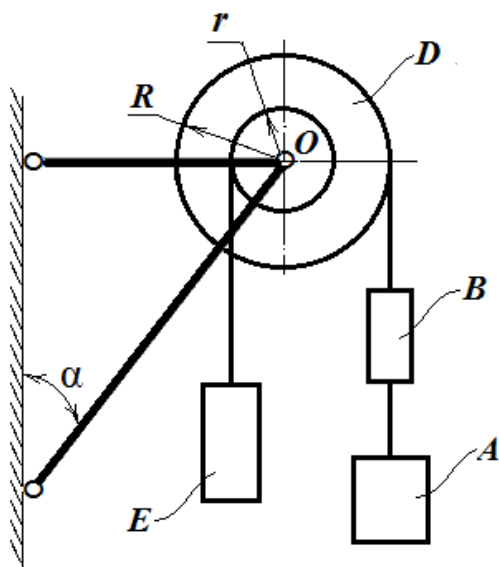
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м
	A	B	D		ρ_{oz}
1	12	2	18	1,5	$3r$
2	16	3	19	2	$2r$
3	9	1	17	1,8	$3\sqrt{3}r$
4	15	2	22	3	$r\sqrt{2}$
5	13	3	16	2,2	r
6	21	5	26	4	$4r$
7	16	4	28	2	$r/\sqrt{3}$
8	9	1	15	1,6	$r\sqrt{3}$

Вариант № 30



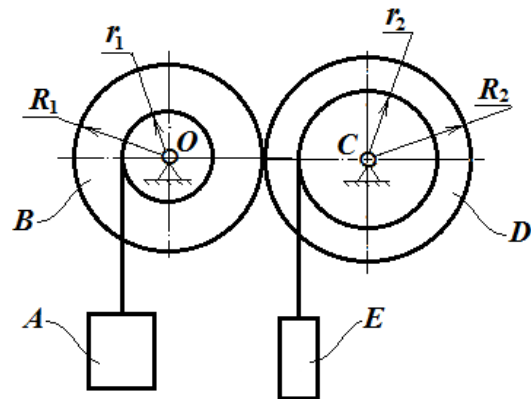
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	сила F , Н	α , град	β , град	l , м
	A	B	D		ρ_{OZ}				
1	30	10	5	2	$r_2\sqrt{3}$	350	60	45	1,2
2	45	20	10	1,5	$5r_2$	400	55	50	0,9
3	50	15	8	2	$2r_2$	550	65	60	1,1
4	60	10	12	1,5	$r/3$	450	45	30	0,8
5	40	20	6	1,2	$r_2\sqrt{2}$	600	70	40	0,6
6	80	12	11	2	$r_2/\sqrt{3}$	750	35	55	1,3
7	100	30	20	1,6	r_2	800	30	35	1,0
8	90	25	16	1,4	$r_2/\sqrt{5}$	500	25	50	1,2

Вариант № 31



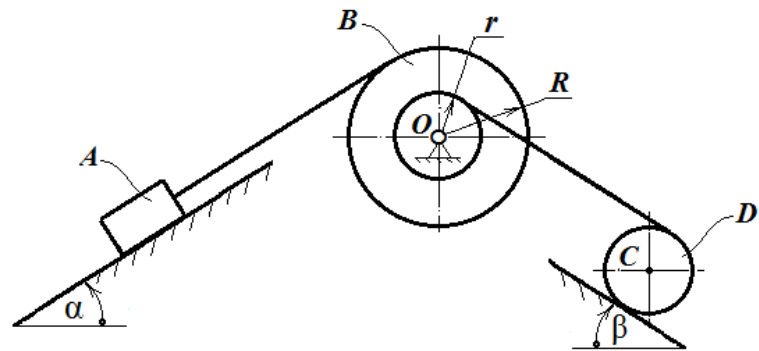
№ вар.	массы тел, кг				R/r	радиусы инерции, м	α , град
	A	B	D	E		ρ_{OZ}	
1	25	2	5	20	1,2	$r\sqrt{2}$	45
2	15	3	7	22	2	$3r$	55
3	16	1	10	19	2	$2r$	60
4	8	4	3	15	1,2	$r/\sqrt{3}$	50
5	14	1	6	13	2	$2r$	35
6	9	3	5	12	1,6	$3r$	40
7	10	4	4	15	2,2	$4r$	30
8	6	2	7	9	2,5	$r/\sqrt{5}$	45

Вариант № 32



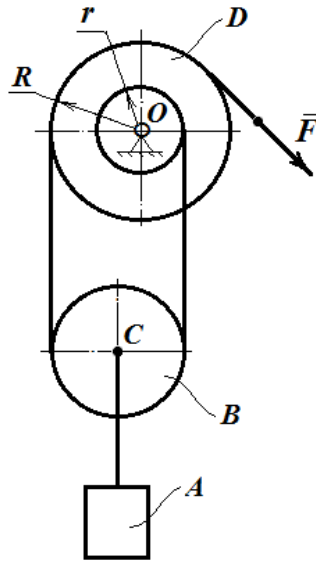
№ вар.	массы тел, кг				радиусы инерции, м		дополнительные сведения
	A	B	D	E	ρ_{CZ}	ρ_{OZ}	
1	20	5	4	10	$r_2/\sqrt{2}$	$r_1\sqrt{2}$	$r_2 = 2r_1, R_2 = 2R_1$
2	15	2	3	9	$r_2\sqrt{3}$	$2r_1$	$r_2 = 2r_1, R_2 = 2R_1$
3	10	4	2	7	$3r_2$	$r_1/\sqrt{7}$	$r_2 = 2r_1, R_2 = 2R_1$
4	14	9	4	11	$r_2\sqrt{3/5}$	$r_1\sqrt{3}$	$r_2 = 2r_1, R_2 = 2R_1$
5	17	6	2	12	$r_2\sqrt{5}$	$2r_1$	$r_2 = 2r_1, R_2 = 2R_1$
6	8	2	1	5	$r_2\sqrt{2}$	$r_1\sqrt{3}$	$r_2 = 2r_1, R_2 = 2R_1$
7	7	3	2	3	$r_2/\sqrt{2}$	$5r_1$	$r_2 = 2r_1, R_2 = 2R_1$
8	6	1	2	2	$4r_2$	$r_1\sqrt{2/3}$	$r_2 = 2r_1, R_2 = 2R_1$

Вариант № 33



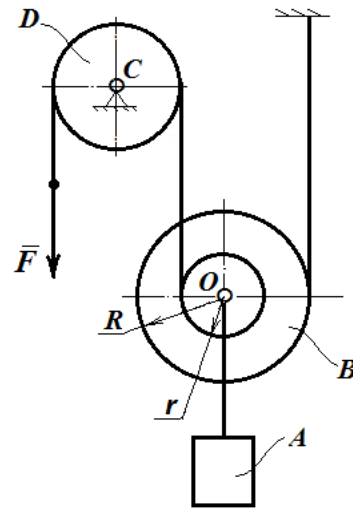
№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	коэффициент трения f	α , град	β , град
	A	B	D		ρ_{OZ}			
1	25	5	14	2	$4r$	0,2	45	50
2	24	8	50	1,5	r	0,1	30	45
3	30	6	60	1,2	$2r$	0,3	60	70
4	18	4	30	3	$r/\sqrt{2}$	0,5	65	70
5	45	10	40	1,4	$3r$	0,4	55	65
6	50	9	50	2,5	$5r$	0,2	50	60
7	35	6	30	2,2	$2r$	0,3	25	45
8	60	12	60	2,6	$r/2$	0,1	35	50

Вариант № 34



№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	сила F , Н
	A	B	D		ρ_{OZ}	
1	60	10	4	2	$r_2/\sqrt{3}$	800
2	55	5	2	3	$0,2r_2$	700
3	25	8	5	2	$3r_2$	450
4	40	12	6	4	$r/\sqrt{3}$	650
5	35	6	3	2,5	$r_2\sqrt{5}$	400
6	15	4	4	6	$r_2\sqrt{3}$	600
7	60	20	2	5	r_2	900
8	80	15	3	4	$r_2/\sqrt{2}$	800

Вариант № 35



№ вар.	массы тел, кг			R/r	радиусы инерции, м	F , Н
	A	B	D		ρ_{Oz}	
1	20	12	5	2	$r\sqrt{3}$	320
2	18	10	6	1,5	$0,1r$	160
3	20	13	8	1,4	r	250
4	12	12	7	1,2	$r/\sqrt{5}$	180
5	16	10	6	1,4	$0,2r$	100
6	18	14	10	1,6	$2r$	150
7	14	12	10	1	$0,7r$	200
8	10	25	9	1,3	$r/\sqrt{3}$	400

Библиографический список

Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2009. – 736 с.

Бутенин Н.В. Курс теоретической механики / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин: учебник. – СПб.: Лань, 2009. – 736 с.

Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 2008. – 416 с.

Яблонский А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова: учебник. – М.: КНОРУС, 2010. – 608 с.

Образец титульного листа отдельных заданий курсовой работы

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство морского и речного транспорта
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

КАФЕДРА ОСНОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Тема: Применение метода кинетостатики к исследованию движения
механической системы с одной степенью свободы

(Название темы задания)

Вариант _____

(номер варианта)

Выполнил курсант группы _____

(номер группы)

(Ф.И.О.)

Принял преподаватель _____

(Ф.И.О.)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Санкт–Петербург

202 ____ г.

Образец титульного листа курсовой работы

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство морского и речного транспорта
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

КАФЕДРА ОСНОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

КУРСОВАЯ РАБОТА на тему:
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Вариант _____
(номер варианта)

Выполнил студент группы _____
(номер группы)

(Ф.И.О.)

Принял преподаватель _____
(Ф.И.О.)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Санкт–Петербург

202 ____ г.