

Федеральное агентство по образованию РФ  
Ухтинский государственный технический университет

## **Физика**

## **Механика**

Контрольные задания для студентов  
дневной и заочной формы обучения всех  
специальностей технических вузов и бакалавриата

Ухта

2008

УДК 53 075

Ш 19

ББК 22.3 Я7

Шамбулина, В.Н. Механика [Текст]: метод. указания/ В. Н. Шамбулина, В.А. Жевнеренко – Ухта: УГТУ, 2008. – 22с.

Контрольные задания предназначены для практических занятий по физике в качестве домашней и самостоятельной работы по теме «Механика» для студентов всех специальностей технических вузов и бакалавриата.

Контрольные задания охватывают основные разделы механики.  
Содержание контрольных заданий соответствует рабочей программе.

Таб.3 – Рис.5

Контрольные задания рассмотрены и одобрены заседанием кафедры физики от 13.06.08. пр. № 7.

Рецензент: Тарсин А.В., старший преподаватель кафедры физики Ухтинского государственного технического университета.

Редактор: Северова Н.А., доцент кафедры физики Ухтинского государственного технического университета.

В контрольных заданиях учтены предложения рецензента и редактора.

План 2008г. Позиция .

Подписано в печать 18.09.08.

Заказ № .

Объем 22 м.п.л. Тираж 50 экз.

© Ухтинский государственный технический университет , 2008  
169300, г. Ухта, ул. Первомайская,13.

Отдел оперативной полиграфии УГТУ.  
169300, г. Ухта, ул. Октябрьская,13.

Методические указания  
к контрольным заданиям по механике

Содержание

Контрольные задания составлены в 13 вариантах по 10 задач в каждом; предложенные задачи охватывают все основные разделы механики.

Задача 1 – Прямолинейное движение

Задача 2 – Криволинейное движение. Вращение тела вокруг неподвижной оси.

Задача 3 – Второй закон Ньютона.

Задача 4 – Закон сохранения импульса.

Задача 5 – Работа. Энергия. Мощность.

Задача 6 – Силы тяготения. Гравитационное поле.

Задача 7 – Динамика материальной точки и тела, движущихся по окружности.

Задача 8 – Основное уравнение динамики вращательного движения.

Задача 9 – Закон сохранения момента импульса.

Задача 10 – Работа и энергия при вращении.

Контрольные задания могут быть использованы в качестве домашней и самостоятельной работы по физическим основам механики.

Контрольные задания рекомендуются для студентов всех специальностей технических вузов и бакалавров.

В конце контрольных заданий приведена таблица ответов.

## Вариант 1

1. Точка движется по прямой согласно уравнению  $S = 0,5t^4 + 0,2t^2 + 2$  (длина - в метрах, время - в секундах). Найти скорость  $V$  и ускорение  $a$  точки, в момент  $t = 4$  с. Каковы средние значения скорости и ускорения за первые 4 с движения?
2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону, выражаемому формулой  $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$ . Найти модуль полного ускорения  $\vec{a}$  точки, находящейся на расстоянии  $R = 0,1$  м от оси вращения, для момента времени  $t = 4$  с. Какой угол  $\alpha$  составляет модуль полного ускорения  $\vec{a}$  с нормалью к траектории в этот момент?
3. Груз массой  $m = 45$  кг вращается на канате длиной  $\ell = 8$  м в горизонтальной плоскости, совершая  $n = 16$  об/с. Какой угол  $\varphi$  с вертикалью образует канат и какова сила  $T$  его натяжения?
4. Снаряд массой  $m = 45$  кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 50 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нём. Какую скорость  $V$  приобретает вагон, если: 1) вагон двигался со скоростью 36 км/ч в том же направлении, что и снаряд; 2) вагон двигался с этой же скоростью в направлении, противоположном движению снаряда?
5. Молот, массой  $m_1 = 5$  кг ударяет небольшой кусок железа, лежащий на наковальне. Масса  $m_2$  наковальни равна 100 кг. Массой куска железа можно пренебречь. Удар неупругий. Определить к.п.д.  $\eta$  удара молота при данных условиях.
6. Вычислить величину ускорения свободного падения  $g$  на расстоянии  $h = 1000$  км от поверхности Земли.
7. Определить работу  $A$  по подъёму груза по наклонной плоскости и среднюю мощность подъёмного устройства, если вес груза  $P = 2 \cdot 10^3$  Н, длина наклонной плоскости  $\ell = 2$  м, угол её наклона к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $k = 0,1$ , ускорение при подъёме  $a = 1$  м/с<sup>2</sup>. У основания наклонной плоскости груз находится в покое.
8. Круглая платформа радиуса  $R = 1$  м, момент инерции которой  $J = 130$  кг·м<sup>2</sup>, вращается по инерции вокруг вертикальной оси делая  $n_1 = 1$  об/с. На краю платформы стоит человек, масса которого  $m = 70$  кг. Сколько оборотов в секунду  $n_2$  будет совершать платформа, если человек перейдёт в центр. Момент инерции человека рассматривать как для материальной точки.

9. Якорь мотора вращается с угловой скоростью  $\omega = 120$  рад/мин. Определить вращающий момент  $M$ , если мотор развивает мощность  $N = 400$  Вт.

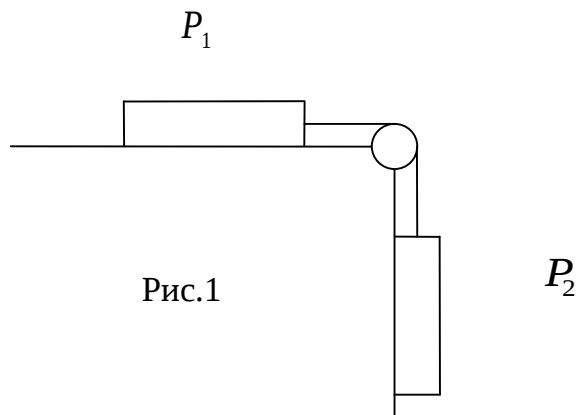
10. Определить момент инерции  $I$  диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска. Масса диска  $m = 555$  г, радиус  $R = 20$  см.

## Вариант 2

1. Уравнение движения точки имеет вид  $X = 5 + t + 2t^2 + t^3$  (длина в метрах, время в секундах). Найти положение точки в моменты времени  $t_1 = 1$  с и  $t_2 = 4$  с, скорости  $V$  и ускорения  $a$  в эти моменты времени.

2. По дуге окружности радиуса  $R = 10$  см движется точка. В некоторый момент времени нормальное ускорение точки  $a_n = 4,9$  м/с<sup>2</sup>. Вектор полного ускорения  $\vec{a}$  образует в этот момент времени с вектором нормального ускорения угол  $\varphi = 60^\circ$ . Найти скорость  $V$  и тангенциальное ускорение  $a_\tau$ .

3. Брусок весом  $P_1 = 20$  Н (рис.1) скользит по горизонтальной поверхности под действием груза весом  $P_2 = 50$  Н, прикреплённого к концу шнура, перекинутого через неподвижный блок. Коэффициент трения бруска о поверхность равен  $k = 0,1$ . Найти ускорение  $a$  движения тела и силу натяжения  $T$  нити.



4. Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на лёгком жёстком стержне, и застревает в нём. Масса пули в  $10^3$  раз меньше шара. Расстояние от точки подвеса стержня до центра шара равно  $\ell = 81$  см. Найти скорость пули  $V$ , если стержень с шаром отклоняется от удара пули на угол  $\varphi = 10^\circ$ .

5. Материальная точка массой  $m = 1$  кг двигалась под действием силы согласно уравнению  $X = 10 - 2t + t^2 - 0,2t^3$  (длина в метрах, время в секундах). Найти мощность  $N$ , затрачиваемую на движение точки в момент времени  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 5$  с.

6. Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы удалить тело массой  $m = 1$  кг с поверхности Земли в бесконечность?

7. Автомобиль идёт по закруглению шоссе, радиус кривизны которого  $R = 200$  м. Коэффициент трения колёс о покрытие дороги  $k = 0,1$  (гололёд). При какой скорости автомобиля  $V$  начнётся его занос?

8. Маховик делал  $n = 8$  об/с под действием постоянного тормозящего момента, равного  $M = 100$  Н·м, он остановился через  $t = 50$  с. Определить момент инерции  $J$  маховика.

9. Шарик массой  $m = 50$  г, привязанный к концу нити длиной  $\ell = 1$  м, вращается с частотой  $n = 1$  об/с, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния  $\ell = 0,5$  м. Какую работу  $A$  совершает внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь.

10. С наклонной плоскости высотой  $h = 0,5$  м скатился обруч. Найти поступательную скорость  $V$ , которую будет иметь обруч, скатившись до конца.

### Вариант 3

1. Дано уравнение прямолинейного движения материальной точки  $S = 3t^3 + t + 6$  (длина в метрах, время в секундах). Найти скорость  $V$  и ускорение  $a$  точки в момент времени  $t = 3$  с, а также среднюю скорость  $V_{cp}$  и ускорение  $a_{cp}$  за первые 3 с движения.

2. Тело брошено горизонтально со скоростью  $V_0 = 20$  м/с. Вычислить тангенциальное ускорение  $a_t$  через  $t = 2$  с после начала движения.

3. Вагонетка начинает двигаться вниз по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\varphi = 30^\circ$ . Определить скорость вагонетки через  $t = 5$  с, если коэффициент трения равен  $k = 0,5$ .

4. Два абсолютно неупругих шара, имеющих массы  $m_1 = 15$  г и  $m_2 = 10$  г, двигались навстречу друг другу соответственно со скоростями  $V_1 = 0,6$  м/с и  $V_2 = 0,4$  м/с. Найти их скорости  $V_1^1$  и  $V_2^1$  после столкновения и потерю  $E_k$  кинетической энергии при ударе.

5. Какую минимальную скорость надо сообщить ракете, чтобы она стала искусственным спутником Земли? Сопротивление атмосферы не учитывать.

6. Автомобиль имеет вес  $P = 18 \cdot 10^3$  Н и мощность мотора  $N = 36$  кВт. Коэффициент трения  $\kappa = 0,1$ . С какой максимальной скоростью  $V$  может двигаться автомобиль по горизонтальной дороге и в гору с уклоном в 1 м на каждые 20 м пути?

7. Велосипедист едет по окружности со скоростью  $V = 5$  м/с. Предельный угол наклона к плоскости горизонта равен  $\varphi = 60^\circ$ . Каков наименьший радиус окружности?

8. Маховик весом  $P = 490$  Н и диаметром  $d = 40$ , имеющий вид диска, был раскручен до скорости  $n = 480$  об/мин и затем предоставлен самому себе. Под влиянием трения он остановился через  $t = 50$  с. Найти момент силы трения  $M_{тр}$ .

9. Найти момент импульса  $L$  Земли относительно её полярной оси. Считать Землю правильным шаром радиуса  $R = 6000$  км, имеющим плотность  $\rho = 5,5$  г/см<sup>3</sup>.

10. Какую часть общей кинетической энергии составляет энергия вращения для катящихся сплошного цилиндра и шара?

#### Вариант 4

1. Материальная точка движется прямолинейно и равномерно. Уравнение движения имеет вид  $X = 3t + 0,06t^3$  (длина в метрах, время в секундах). Найти скорость  $V$  и ускорение  $a$  точки в момент времени  $t_1 = 0$  с и  $t_2 = 3$  с, а также среднюю скорость  $V_{ср}$  и ускорение  $a_{ср}$  за первые 3 с вращения.

2. Уравнение вращения твёрдого тела  $\varphi = 3t^2 + t$  (угол в радианах, время в секундах). Определить число оборотов  $N$  тела, угловую скорость  $\omega$ , угловое ускорение  $\varepsilon$  через 10 секунд после начала движения.

3. Наклонная плоскость, образующая угол  $\varphi = 25^\circ$  с плоскостью горизонта, имеет длину  $\ell = 2$  м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за  $t = 2$  с. Определить коэффициент трения  $k$  о плоскость.

4. Снаряд массой 10 кг обладал скоростью  $V = 300$  м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая часть массой

$m_1 = 2$  кг получила скорость  $V_1 = 500$  м/с. С какой скоростью  $V$  и в каком направлении  $\alpha$  полетит большая часть, если меньшая полетела вперёд под углом  $\varphi = 60^\circ$  к плоскости горизонта?

5. Шар массой  $m_1 = 2$  кг движется со скоростью  $V_1 = 4$  м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой  $m_2 = 5$  кг. Определить скорость шаров  $U_1$  и  $U_2$  после прямого центрального удара. Удар шаров считать абсолютно упругим.

6. Искусственный спутник Земли имеет период вращения  $T = 2$  часа. Считая траекторию спутника круговой, найти, на какой высоте  $h$  над поверхностью Земли движется спутник. Радиус Земли 6400 км.

7. Доска качелей, с сидящими на ней людьми, весит  $P = 10^3$  Н. Какое наибольшее натяжение  $T$  испытывают верёвки, если отвести качели на угол  $\varphi = 45^\circ$  от положения равновесия и разрешить им качаться?

8. Диск радиусом  $R = 20$  см и массой  $m = 5$  кг вращается с частотой  $n = 8$  об/с. При торможении он остановился через время  $t = 4$  с. Определить тормозящий момент  $M_{тр}$ .

9. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол  $\varphi$  повернётся платформа, если человек пройдёт вдоль края платформы и, обойдя её, вернётся в исходную точку? Масса платформы  $M = 240$  кг, масса человека  $m = 60$  кг. Момент инерции для человека рассчитывать, как для материальной точки.

10. Диск скатился с наклонной плоскости высотой  $h = 20$  см. Определить скорость  $V$  поступательного движения диска в конце наклонной плоскости.

### Вариант 5

1. Две материальные точки движутся согласно уравнениям  $X_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$  и  $X_2 = A_2 + C_2 t^2$ , где  $A_1 = 10$  м,  $B_1 = 32$  м/с,  $C_1 = 3$  м/с<sup>2</sup>,  $A_2 = 5$  м,  $C_2 = 5$  м/с<sup>2</sup>. В какой момент времени  $t$  скорости этих точек одинаковы?

2. Материальная точка движется по окружности радиуса  $R = 2$  м согласно уравнению  $S = At + Bt^3$ , где  $A = 8$  м/с,  $B = -0,2$  м/с<sup>3</sup>. Найти скорость  $V$ , тангенциальное  $a_t$ , нормальное  $a_n$  и полное ускорения  $a$  в момент времени  $t = 3$  с.

3. Деревянный брус массой  $m_1 = 2,3$  кг (рис.2) скользит по горизонтальной поверхности под действием груза массой  $m_2 = 0,8$  кг, прикреплённого к концу

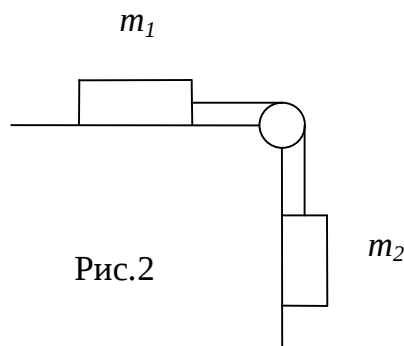


Рис.2

шнура, перекинутого через неподвижный блок. Коэффициент трения бруса о поверхность равен  $k = 0,1$ . Найти ускорение  $a$  движения тела и силу натяжения  $T$  нити.

4. Шарик массой  $m = 100$  г свободно падает с высоты  $h_1 = 1$  м на стальную плиту и подпрыгивает на высоту  $h_2 = 0,5$  м. Определить импульс (по величине и направлению), сообщённый плите шариком.

5. На тело, двигавшееся со скоростью  $v = 2$  м/с, стала действовать сила  $F = 4$  Н, совпадающая по направлению со скоростью. Через  $t = 10$  с после начала действия силы кинетическая энергия тела  $E_k = 160$  Дж. Найти массу  $m$  тела, принимая его за материальную точку.

6. Определить работу  $A$ , которую совершают гравитационные силы Земли, если тело массой  $m = 1$  кг упадёт на поверхность Земли из бесконечности.

7. К оси  $OO$  жёстко закреплены два одинаковых шара массой  $m$ , с помощью двух невесомых стержней одинаковой длины  $\ell$  (рис.3). Определить момент инерции  $I$  системы относительно оси  $OO$ , если угол между одним стержнем и осью  $OO$  равен  $45^\circ$ , а между стержнями  $90^\circ$  (размерами шаров пренебречь).

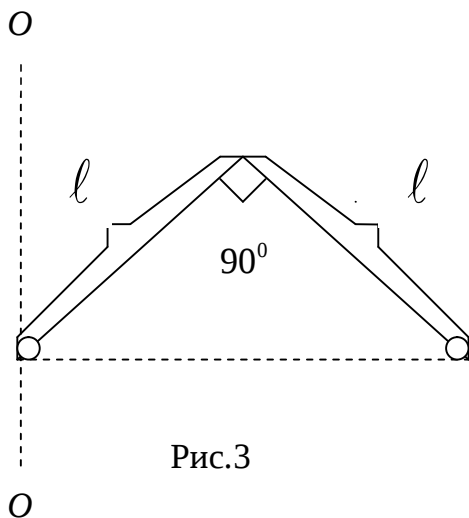


Рис.3

8. Тонкий стержень длиной  $\ell = 40$  см и массой  $m = 0,6$  кг вращается около оси, проходящей через середину стержня перпендикулярно его длине. Уравнение вращения стержня  $\varphi = At + Bt^3$ , где  $A = 0,1$  рад/с,  $B = 0,1$  рад/с<sup>2</sup>. Определить момент импульса  $L$  стержня при  $t = 2$  с.

9. Маховик, имеющий вид диска радиусом  $R = 40$  см и массой  $M = 50$  кг, может вращаться вокруг горизонтальной оси. На этой оси жёстко закреплён шкив радиусом  $r = 10$  см. По касательной к шкиву приложена постоянная сила  $F = 500$  Н. Через сколько времени  $\Delta t$  маховик раскрутится до частоты  $n = 1$  об/с (массой шкива пренебречь)?

10. Сплошной однородный диск катится по горизонтальной плоскости. К какую часть от общей кинетической энергии составляет энергия поступательного и энергия вращательного движения?

### Вариант 6

1. Точка движется по прямой согласно уравнению  $X = At + Bt^3$ , где  $A = 6$  м/с,  $B = -0,125$  м/с<sup>3</sup>. Определить среднюю скорость  $\langle V \rangle$  точки в интервале времени от  $t_1 = 2$  с до  $t_2 = 6$  с.

2. Найти зависимость от времени нормального и тангенциального ускорения тела, брошенного горизонтально с начальной скоростью  $V_0$  (сопротивлением воздуха пренебречь).

3. Груз массой  $m = 50$  кг поднят при помощи каната вертикально вверх в течение  $t = 10$  м. Определить силу натяжения  $T$  каната, если движение тела было равноускоренным.

4. Снаряд, летящий со скоростью  $V = 500$  м/с, разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого составляет 20% от общей массы снаряда, полетел в направлении противоположном направлению движения снаряда со скоростью 200 м/с. Определить скорость  $V$  большего осколка.

5. Определить скорости  $U_1$  и  $U_2$ , приобретенные шариками после центрального упругого удара. Массы шаров  $m_1$  и  $m_2$  и их скорости до удара  $V_1$  и  $V_2$ .

6. Спутник массой  $m = 12$  т обращается по круговой орбите вокруг Земли, обладая кинетической энергией  $E_k = 54 \cdot 10^6$  кДж. С какой скоростью  $V$  и на какой высоте  $h$  вращается спутник?

7. Человек сидит на краю деревянного горизонтального колеса радиуса  $R = 2,5$  м, вращающегося вокруг вертикальной оси. С какой наименьшей скоростью  $V$  должно вращаться это колесо, чтобы человек соскользнул с него? Коэффициент трения человека о дерево  $k = 0,5$ .

8. Диск радиусом  $R = 20$  см и массой  $m = 5$  кг вращается с частотой  $n = 8$  об/с. При торможении он остановился через  $t = 4$  с. Определить тормозящий момент  $M_{тр}$ .

9. Человек стоит на скамейке Жуковского и ловит рукой мяч массой  $m = 4$  кг, летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $V = 20$  м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии  $r = 0,8$  м от вертикальной оси вращения скамейки. С какой угловой скоростью  $\omega$  начнет вращаться скамейка Жуковского с человеком, поймавшим мяч? Считать, что суммарный момент инерции человека и скамейки  $J = 6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

10. Сколько времени  $t$  будет скатываться без скольжения шар с наклонной плоскости длиной  $\ell = 2$  м и высотой  $h = 1$  м?

### Вариант 7

1. Точка движется по прямой согласно уравнению  $X = 2t + 0,5t^3$  (длина - в метрах, время - в секундах). Найти среднюю скорость  $V_{ср}$  и ускорение  $a_{ср}$  в промежутке времени от  $t_1 = 2$  с до  $t_2 = 10$  с.

2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону, выражаемому формулой  $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$ . Найти модуль полного ускорения  $a$  точки, находящейся на расстоянии  $R = 0,1$  м от оси вращения, для момента времени  $t = 4$  с.

3. Найти силу тяги  $F$ , развиваемую мотором автомобиля, движущегося в гору с ускорением  $a = 1 \text{ м/с}^2$ . Уклон горы равен 1 м на каждые 25 м пути, масса автомобиля  $m = 1000$  кг, коэффициент трения  $k = 0,1$ .

4. Снаряд массой  $m = 10$  кг обладал скоростью  $V = 300$  м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой  $m = 2$  кг получила скорость  $V_1 = 500$  м/с. С какой скоростью  $V$  и в каком направлении  $\alpha$  полетит большая часть, если меньшая полетела под углом  $\varphi = 60^\circ$  к плоскости горизонта вперед?

5. На какую высоту  $h$  поднимается тело, скользя вверх по наклонной плоскости с углом наклона  $\varphi = 45^\circ$ , если ему сообщить скорость  $V = 10$  м/с, а коэффициент трения между телом и плоскостью  $k = 0,2$ ?

6. Средняя высота спутника над поверхностью Земли равна 1700 км. Определить его скорость  $V$  и период  $T$  обращения, если радиус Земли 6370 км.

7. Каков должен быть минимальный коэффициент трения скольжения  $k$  между шинами автомобиля и асфальтом, чтобы автомобиль мог пройти закругление радиусом  $R = 200$  м при скорости  $V = 100$  км/ч?

8. Определить момент инерции  $J$  однородного стержня массой  $m$  и длиной  $l$  относительно оси  $OO$ , перпендикулярной стержню и проходящей через стержень на расстоянии  $\frac{3}{4}l$  от одного из его концов (рис.4).

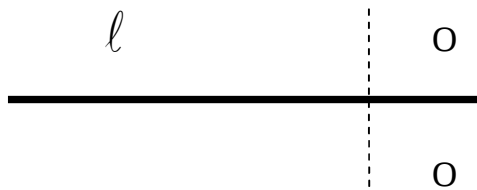


Рис.4

9. В центре скамейки Жуковского стоит человек и держит в руках стержень, расположенный вертикально по оси вращения скамейки. Скамейка с человеком вращается с угловой скоростью  $\omega_1 = 1$  рад/с. С какой угловой скоростью  $\omega_2$  будет вращаться скамейка с человеком, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамейки  $J = 6$  кг·м<sup>2</sup>. Длина стержня  $l = 2,4$  м, его масса  $m = 8$  кг. Считать, что центр тяжести стержня находится на оси платформы.

10. Шар скатывается без скольжения с наклонной плоскости высотой 90 см. Определить линейную скорость  $V$ , которую будет иметь центр шара в тот момент, когда шар скатится с наклонной плоскости.

### Вариант 8

1. Камень падает с высоты  $h = 980$  м. Какой путь  $S$  пройдет камень за последнюю секунду своего падения?

2. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $\varphi = 0,5t^2$ . Найти угловую скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $a$  маховика в момент времени  $t = 2$  с. Найти тангенциальное  $\vec{a}_\tau$ , нормальное  $\vec{a}_n$  и полное ускорение  $\vec{a}$  в этот момент времени  $t$  для точки, лежащей на маховике на расстоянии  $R = 0,8$  м от оси вращения.

3. Найти силу тяги  $F$ , развиваемую мотором автомобиля, движущегося по горизонтальному пути с ускорением  $a = 1 \text{ м/с}^2$ . Масса автомобиля  $m = 1000 \text{ кг}$ . Коэффициент трения  $k = 0,1$ .
4. Орудие, установленное на железнодорожной платформе стреляет под углом  $\varphi = 60^\circ$  к горизонту в направлении пути. Масса платформы с орудием  $m = 16 \text{ т}$ . С какой скоростью  $V$  покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда  $m_1 = 20 \text{ кг}$  и он вылетает со скоростью  $V_1 = 600 \text{ м/с}$ ?
5. Баба копра массой  $m_1 = 500 \text{ кг}$  падает на сваю массой  $m_2 = 100 \text{ кг}$  со скоростью  $V_1 = 4 \text{ м/с}$ . Определить: 1) кинетическую энергию  $E_k$  бабы копра в момент удара; 2) энергию  $W$ , затрачиваемую на углубление сваи в грунт; 3) энергию  $W'$ , затрачиваемую на деформацию сваи; 4) к.п.д.  $\eta$  удара копра о сваю. Полезной считать энергию, пошедшую на углубление сваи.
6. С какой скоростью  $V$  движется Земля вокруг Солнца? Принять, что Земля движется по круговой орбите с радиусом  $R = 15 \cdot 10^7 \text{ км}$ .
7. Летчик массой  $m = 70 \text{ кг}$  описывает в самолете, летящем со скоростью  $V = 360 \text{ км/ч}$ , вертикальную петлю Нестерова радиусом  $R = 400 \text{ м}$ . Определить силу  $F_\partial$ , прижимающую летчика к сидению в верхней и нижней точках этой петли.
8. На сплошной цилиндрический вал радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$  намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $m = 10 \text{ кг}$ . Найти момент инерции вала и его массу, если груз, разматывая шнур, опускается с ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$ .
9. Платформа, в виде диска диаметром  $d = 3 \text{ м}$  и массой  $M = 180 \text{ кг}$  может вращаться вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью  $\omega$  будет вращаться эта платформа, если по ее краю пойдет человек массой  $m = 70 \text{ кг}$  со скоростью  $V = 1,8 \text{ м/с}$  относительно платформы?
10. Определить ускорение  $a$  центра шара, скатывающегося без скольжения с наклонной плоскости высотой  $h = 1,2 \text{ м}$  и длиной  $\ell = 5 \text{ м}$ .

### Вариант 9

1. Точка движется по прямой согласно уравнению  $S = 6t + 1/8t^3$  (длина - в метрах, время - в секундах). Определить среднюю скорость  $V_{cp}$  и ускорение точки  $a_{cp}$  в интервале времени от  $t_1 = 2 \text{ с}$  до  $t_2 = 6 \text{ с}$ .

2. Пуля пущена с начальной скоростью  $V_0 = 200$  м/с под углом  $\varphi = 30^\circ$  к плоскости горизонта. Определить наибольшую высоту подъема  $H_m$  и дальность полета  $S$  пули, а также тангенциальное  $a_t$ , нормальное  $a_n$  и полное ускорение  $a$  пули в наивысшей точке подъема. Сопротивлением воздуха пренебречь.

3. Диск радиусом  $R = 10$  см вращается согласно уравнению  $\varphi = 3 - t + 0,1t^3$  ( $\varphi$  - угол в радианах,  $t$  - время в секундах). Определить тангенциальное  $a_t$ , нормальное  $a_n$  и полное ускорение  $a$  точек на окружности диска для момента времени  $t = 10$  с.

4. С какой силой  $F$  давит на дно шахтной клетки груз массой  $m = 100$  кг, если клеть поднимается вертикально вверх с ускорением  $a = 24,5$  см/с?

5. Снаряд массой  $m = 10$  кг обладал скоростью  $V = 200$  м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой  $m_1 = 3$  кг получила скорость  $V_1 = 400$  м/с в прежнем направлении. Найти скорость  $U_2$  после разрыва второй (большей) части.

6. Автомобиль массой  $m = 3$  т трогается с места и движется в гору с уклоном  $0,05$  с ускорением  $a = 0,2$  м/с<sup>2</sup>. Определить работу  $A$ , совершаемую двигателем автомобиля на пути  $S = 1$  км, и мощность  $N$  его в конце этого пути, если коэффициент трения равен  $0,05$ .

7. Каково ускорение  $g$  свободного падения на Солнце и во сколько раз оно больше, чем на Земле? Радиус Солнца  $R = 696000$  км, плотность Солнца  $\rho = 1,40$  г/см<sup>3</sup>.

8. Маховик вращался, делая  $n = 10$  об/с. При торможении он остановился, сделав  $N = 50$  полных оборотов от начала торможения до остановки. Определить момент силы торможения  $M_{тр}$ , если момент инерции маховика равен  $J = 1$  кг·м<sup>2</sup>.

9. Человек стоит в центре легкой вращающейся платформы (скамья Жуковского). Момент инерции платформы с человеком относительно оси платформы  $J = 1,5$  кг·м<sup>2</sup>. При раздвижении рук в горизонтальное положение момент инерции человека с платформой возрастет вдвое. Если при этом в руках человека гантели, то угловая скорость уменьшится в четыре раза. Найти массу  $m$  гантели, если начальное расстояние между гантелями  $l_1 = 0,4$  м, а конечное  $l_2 = 1,6$  м.

10. С наклонной плоскости высотой  $h = 0,5$  м скатился обруч. Найти поступательную скорость  $V$ , которую будет иметь обруч, скатившись до конца плоскости.

## Вариант 10

1. Уравнение движения материальной точки вдоль оси  $X$  имеет вид  $X = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 2$  м,  $B = 1$  м/с,  $C = -50$  м/с<sup>3</sup>. Найти координату  $X$ , скорость  $V$  и ускорение  $a$  материальной точки в момент времени  $t = 2$  с. Каковы средние значения скорости  $V_{cp}$  и ускорения  $a_{cp}$  за первые 2 с движения?
2. Диск радиусом  $R = 0,2$  м вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 3$  рад,  $B = -1$  рад/с,  $C = 0,1$  рад/с<sup>3</sup>. Определить тангенциальное  $a_t$ , нормальное  $a_n$  и полное ускорение  $a$  точек на окружности диска для момента времени  $t = 10$  с.
3. Шарик массой 500г, подвешенный на нерастяжимой нити длиной 1 м, совершает колебания в вертикальной плоскости. Найти натяжение нити  $T$  в момент, когда она образует с вертикалью угол  $60^\circ$ . Скорость шарика в этот момент равна 1,5 м/с.
4. Граната, летящая со скоростью 15 м/с, разорвалась на два осколка массой 6 и 14 кг. Скорость большого осколка возросла до 24 м/с по направлению движению. Найти скорость  $U_1$  и направление движения меньшего осколка.
5. Уклон участка шоссе равен 1 м на каждые 20 м пути. Спускаясь под уклон при выключенном моторе, автомобиль движется равномерно со скоростью  $V = 60$  км/ч. Какова должна быть мощность  $N$  автомобиля, чтобы он мог подниматься по этому уклону с той же скоростью?  
Масса автомобиля  $m = 1,5$  т.
6. Ракета установлена на поверхности Земли для запуска в вертикальном направлении. При какой минимальной скорости  $V_{min}$ , сообщенной ракете при запуске, она удалится от поверхности на максимальное расстояние, равное радиусу Земли ( $R = 6,37 \cdot 10^6$  м)? Всеми силами, кроме силы гравитационного взаимодействия ракеты и Земли, пренебречь.
7. Летчик давит на сиденье кресла самолета в нижней точке петли Нестерова с силой  $F = 720$  кН. Вес летчика  $P = 80$  кг, радиус петли  $R = 250$  м. Определить скорость  $V$  самолета.
8. Определить момент силы  $M$ , который необходимо приложить к блоку, вращающемуся с частотой  $n = 12$  с<sup>-1</sup>, чтобы он остановился в течение времени  $t = 8$  с. Диаметр блока  $d = 30$  см. Массу блока  $m = 6$  кг считать равномерно распределенной по ободу.

9. Платформа в виде диска вращается по инерции около вертикальной оси с частотой  $n_1 = 15$  об/мин. На краю платформы стоит человек. Когда человек перешел в центр платформы, частота возросла до  $n_2 = 25$  об/мин. Масса человека  $m = 70$  кг. Определить массу  $m$  платформы. Момент инерции  $J$  человека рассчитывать как для материальной точки.

10. Пуля массой  $m = 10$  г летит со скоростью  $V = 800$  м/с, вращаясь около продольной оси с угловой скоростью  $n = 3000$  об/с. Принимая пулю за цилиндр, диаметром  $d = 8$  мм, определить полную кинетическую энергию  $E_k$  пули.

### Вариант 11

1. Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение ее движения  $S = t^4 + 2t^2 + 5$  (расстояние - в метрах, время - в секундах). Определить скорость  $V$  и ускорение  $a$  точки в момент времени  $t = 2$  с. Каковы средние значения скорости  $V_{cp}$  и ускорения  $a_{cp}$  за первые 2с движения?

2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 10$  рад,  $B = 20$  рад/с,  $C = -2$  рад/с<sup>2</sup>. Найти полное ускорение  $a$  точки, находящейся на расстоянии  $R = 1$  м от оси вращения, для момента времени  $t = 4$  с.

3. Через блок перекинута нить, к концам которой подвешены грузы  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 2,1$  кг. Каково перемещение  $\ell$  грузов за  $t = 3$  с? Какова сила натяжения  $T$  нити? Трением пренебречь.

4. Два конькобежца массами  $m_1 = 80$  кг и  $m_2 = 50$  кг, держась за концы длинного натянутого шнура, неподвижно стоят на льду один против другого. Один из них начинает укорачивать шнур, выбирая его со скоростью  $V = 1$  м/с. С какими скоростями  $u_1$  и  $u_2$  будут двигаться по льду конькобежцы? Трением пренебречь.

5. Найти работу  $A$  подъема груза по наклонной плоскости длиной  $\ell = 2$  м, если масса  $m$  груза равна 100 кг, угол наклона  $\varphi = 30^\circ$ , коэффициент трения  $k = 0,1$  и груз движется с ускорением  $a = 1$  м/с<sup>2</sup>.

6. Шар массой  $m_1 = 200$  г, движущийся со скоростью  $V_1 = 10$  м/с, ударяет неподвижный шар массой  $m_2 = 800$  г. Удар прямой, абсолютно упругий. Каковы будут скорости  $u_1$  и  $u_2$  шаров после удара?

7. Диск радиусом  $R = 40$  см вращается вокруг вертикальной оси. На краю диска лежит кубик. Принимая коэффициент трения  $k = 0,4$ , найти частоту  $n$  вращения, при которой кубик соскользнет с диска.

8. К колесу радиуса  $R = 0,5$  м с моментом инерции  $J = 20 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  приложен постоянный момент сил  $M = 50 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Найти угловое ускорение  $\varepsilon$  и линейную скорость  $V$  точек на ободе к концу 10-й секунды (начальную скорость  $V_0$  считать равной нулю).

9. Человек массой  $m = 60$  кг находится на неподвижной платформе, масса которой  $M = 80$  кг. Найти частоту вращения  $n$  платформы, если человек начнет двигаться по окружности радиусом  $R = 3$  м вокруг оси вращения. Скорость человека относительно платформы равна  $V = 1$  м/с. Радиус платформы  $R = 10$  м. Считать платформу однородным диском, а человека – точечной массой.

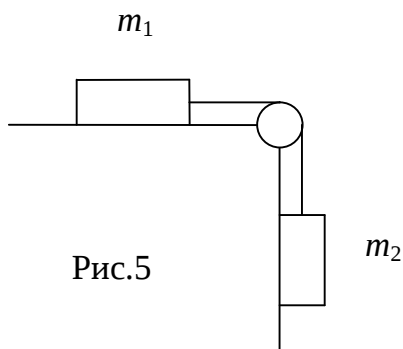
10. Диск скатывается с наклонной плоскости длиной  $\ell = 7,5$  м. Скорость диска в конце наклонной плоскости  $V = 7$  м/с. Определить угол  $\alpha$  наклона плоскости.

### Вариант 12

1. Уравнения прямолинейного движения двух точек заданы в виде:  $S_1 = 4t^2 + t$  и  $S_2 = 5t^3 + t^2$  (расстояние - в метрах, время - в секундах). В какой момент времени  $t$  скорости точек будут равны? Определить ускорения  $a$  в этот момент времени.

2. По окружности радиусом  $R = 20$  см движется материальная точка. Уравнение движения точки  $\varphi = 2t^2 + t$  (угол - в радианах, время - в секундах). Чему равны тангенциальное  $a_t$ , нормальное  $a_n$  и полное ускорение  $a$  точки при  $t = 8$  с?

3. На столе лежит тело массой  $m_1 = 20$  кг. К телу привязана нить, перекинута через неподвижный блок. К другому концу нити прикреплено тело массой  $m_2 = 10$  кг. С каким ускорением  $a$  будут двигаться оба тела? Коэффициент трения о поверхность стола равен  $k = 0,2$ . Каково будет натяжение нити  $T$  при движении?



4. Материальная точка массой  $m = 1$  кг, двигаясь равномерно, описывает четверть окружности радиуса  $R = 1,2$  м в течение времени  $t = 2$  с. Найти изменение  $\Delta P$  импульса точки.

5. Поезд массой  $m = 600$  т отходит от станции и через  $t = 5$  мин после отхода, имеет скорость  $V = 60$  км/ч, пройдя путь  $S = 2,5$  км. Какую среднюю мощность  $N_{cp}$  развивал паровоз, если коэффициент трения постоянен и равен  $k = 0,005$ ?

6. Ракета, масса которой  $M = 6$  т, поднимается вертикально вверх. Двигатель ракеты развивает силу тяги  $F = 500$  кН. Определить ускорение  $a$  ракеты и силу  $T$  натяжения троса, свободно свисающего с ракеты, на расстоянии, равном  $\frac{1}{4}$  его длины от точки прикрепления троса. Масса  $m$  троса равна 10 кг. Силой сопротивления воздуха пренебречь.

7. Велосипедист должен проехать по «чертовому колесу» радиус которого равен  $R = 8$  м. С какой высоты  $h$  он должен начать разбег, чтобы не упасть в верхней точке колеса?

8. Диаметр диска  $d = 10$  см, масса  $m = 400$  г. Определить момент инерции  $I$  диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска.

9. В горизонтальной плоскости вращается вокруг горизонтальной оси тонкий стержень длиной  $l = 0,5$  м и массой  $m = 1$  кг. Симметрично оси вращения, проходящей через середину стержня, на расстоянии  $l_1 = 10$  см от нее, на стержне расположены два небольших груза массами  $m_1 = m_2 = 0,2$  кг. Угловая скорость вращения была равна  $\omega_1 = 2$  рад/с. Чему будет равна угловая скорость  $\omega_2$ , если грузы сдвинутся на концы стержня?

10. Однородный цилиндр массой  $m = 2$  кг катится по горизонтальной плоскости. Скорость центра масс цилиндра  $V = 2$  м/с. Найти работу  $A$ , которую необходимо совершить, чтобы увеличить скорость вдвое.

### Вариант 13

1. Уравнение вращательного движения твердого тела имеет вид:  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 2$  рад,  $B = 3$  рад/с,  $C = 1$  рад/с<sup>3</sup>. Найти: 1) угол  $\varphi$ ; 2) угловую скорость  $\omega$ ; 3) угловое ускорение  $\varepsilon$  в моменты времени:  $t_1 = 1$  с и  $t_2 = 4$  с; 4) среднюю угловую скорость  $\omega_{cp}$  за этот промежуток времени.

2. Тело брошено со скоростью  $V_0 = 20$  м/с под углом  $\varphi = 30^\circ$  к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти скорость  $V$  тела, а также его нор-

мальное  $a_n$  и тангенциальное  $a_t$  ускорение через  $t = 1,5$  с после начала движения.

3. С наклонной плоскости длиной  $\ell$  и углом наклона  $\varphi$  скользит тело. Какова скорость  $V$  тела у основания плоскости, если коэффициент трения равен  $k$ ?

4. Снаряд массой  $m = 10$  кг обладал скоростью  $V = 300$  м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая часть  $m_1 = 2$  кг получила скорость  $V_1 = 500$  м/с. С какой скоростью  $U_2$  и в каком направлении  $\alpha$  полетит большая часть, если меньшая полетела вперед под углом  $\varphi = 60^\circ$  к плоскости горизонта?

5. С башни высотой  $h = 30$  м горизонтально брошено тело со скоростью  $V_0 = 15$  м/с. Найти кинетическую  $E_k$  и потенциальную  $E_n$  энергию тела, спустя одну секунду после начала движения. Масса тела  $m = 0,2$  кг. Сопротивлением воздуха пренебречь.

6. Искусственный спутник Земли имеет период обращения  $T = 2$  ч. Считая траекторию спутника круговой, найти, на какой высоте над поверхностью Земли движется спутник. Радиус Земли  $R = 6400$  км.

7. Каков должен быть минимальный коэффициент трения  $k_{mp}$  скольжения между шинами автомобиля и асфальтом, чтобы автомобиль мог пройти з-а-кругление с радиусом  $R = 200$  м при скорости  $V = 100$  км/ч?

8. Шар массой  $m = 10$  кг и радиусом  $R = 20$  см вращается вокруг оси, проходящей через центр. Уравнение вращения шара имеет вид  $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ , где  $B = 4$  рад/с<sup>2</sup>,  $C = -1$  рад/с<sup>3</sup>. Найти закон изменения момента сил, действующих на шар. Определить момент сил  $M$  в момент времени  $t = 2$  с.

9. Определить момент инерции  $I$  системы, состоящей из двух соприкасающихся шаров массой  $m$  и радиусом  $R$  относительно оси, проходящей через точку соприкосновения и перпендикулярной линии, соединяющей их центры.

10. Чтобы остановить цилиндр массой  $m = 2$  кг, катившийся по горизонтальной поверхности, потребовалось совершить работу  $A$ , равную 24 Дж. Какова была начальная скорость  $V_0$  цилиндра?

**Таблица ответов**

| <b>Задача</b>  | <b>1</b>                                                                                              | <b>2</b>                                                                          | <b>3</b>                        | <b>4</b>                               | <b>5</b>         | <b>6</b>                | <b>7</b>            | <b>8</b>                              | <b>9</b>                       | <b>10</b>                  |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| <b>Вариант</b> |                                                                                                       |                                                                                   |                                 |                                        |                  |                         |                     |                                       |                                |                            |
| <b>1</b>       | 129,6 м/с<br>96,4 м/с <sup>2</sup><br>32,8 м/с<br>32,04м/с <sup>2</sup>                               | 1,65 м/с <sup>2</sup><br>14 <sup>0</sup>                                          | 3,6 МН<br>89 <sup>0</sup>       | 10,2 м/с<br>9,7 м/с                    | 5%               | 7,2 м/с <sup>2</sup>    | 1488 Дж<br>744 Вт   | 1,54 об/с                             | 200 Н·м                        | 0,017<br>кг·м <sup>2</sup> |
| <b>2</b>       | 9 м<br>105 м<br>8 м/с<br>65 м/с<br>10 м/с <sup>2</sup><br>28 м/с <sup>2</sup>                         | 0,7 м/с<br>8,48 м/с <sup>2</sup>                                                  | 6,72 м/с <sup>2</sup><br>15,4 Н | 493 м/с                                | 0,16 Вт<br>28 Вт | 6,2·10 <sup>7</sup> Дж  | 14,14 м/с           | 99,5кг·м <sup>2</sup>                 | 3 Дж                           | 2,64 м/с                   |
| <b>3</b>       | 82 м/с<br>54 м/с <sup>2</sup><br>28 м/с<br>27 м/с <sup>2</sup>                                        | 6,86 м/с <sup>2</sup>                                                             | 3,28 м/с                        | 0,2 м/с<br>0,12·10 <sup>-3</sup><br>Дж | 7,8 км/с         | 20 м/с<br>14,2 м/с      | 4,4 м               | 0,98 Н·м                              | 5,2·10 <sup>3</sup> кг·<br>м/с | 1/3<br>2/7                 |
| <b>4</b>       | 3 м/с<br>4,62 м/с<br>0 м/с <sup>2</sup><br>1,08 м/с <sup>2</sup><br>3,54 м/с<br>0,54 м/с <sup>2</sup> | 97 об<br>61 рад/с<br>6 рад/с <sup>2</sup>                                         | 0,35                            | 330 м/с<br>18,8 <sup>0</sup>           | 2,28 м/с         | 1661,7<br>км            | 601 Н               | -1,256<br>Н·м                         | 2π/3                           | 1,62 м/с                   |
| <b>5</b>       | 8с                                                                                                    | 2,6 м/с<br>-3,6 м/с <sup>2</sup><br>3,38 м/с <sup>2</sup><br>4,9 м/с <sup>2</sup> | 1,8 м/с <sup>2</sup><br>6,4 Н   | 0,75<br>кг·м/с                         | 20 кг            | 6,24·10 <sup>7</sup> Дж | 2,5 мl <sup>2</sup> | 0,0104<br>рад·кг·м <sup>2</sup><br>/с | 0,5 с                          | 2/3<br>1/3                 |

**Продолжение**

| Задача    | 1                                                                                | 2                                                                                                       | 3                                                                      | 4                | 5                                                                   | 6                                                       | 7                                | 8                                | 9          | 10                    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------|-----------------------|
| Вариант   |                                                                                  |                                                                                                         |                                                                        |                  |                                                                     |                                                         |                                  |                                  |            |                       |
| <b>6</b>  | 3 м/с                                                                            | $q_n = \frac{gV}{\sqrt{V_0^2 + g^2 t^2}}$ $q = \frac{gt}{\sqrt{V_0^2 + g^2 t^2}}$                       | 750 Н                                                                  | 675 м/с          |                                                                     | $3 \cdot 10^3 \text{ м/с}$<br>$38 \cdot 10^6 \text{ м}$ | 3,5 м/с                          | -1,256 Н·м                       | 7,48 рад/с | 1,06 с                |
| <b>7</b>  | 64 м/с<br>18 м/с <sup>2</sup>                                                    | 1,65 м/с <sup>2</sup>                                                                                   | 1599 Н                                                                 | 250 м/с<br>25,6° | 4,16 м                                                              | 7,03 км/с<br>7210 с                                     | 0,4                              | 7/48 мl <sup>2</sup>             | 0,61 рад/с | 3,5 м/с               |
| <b>8</b>  | 135 м                                                                            | 2 рад/с<br>1 рад/с <sup>2</sup><br>0,8 м/с <sup>2</sup><br>3,2 м/с <sup>2</sup><br>3,3 м/с <sup>2</sup> | 2кН                                                                    | 0,375 м/с        | 4·10 <sup>3</sup> Дж<br>3,36·10 <sup>3</sup><br>Дж<br>640 Дж<br>85% | 51 м/с                                                  | 1064 Н<br>2436 Н                 | 12,25 кг/м <sup>2</sup><br>98 кг | 0,93 рад/с | 1,68 м/с <sup>2</sup> |
| <b>9</b>  | 12,5 м/с<br>3 м/с <sup>2</sup>                                                   | 500 м<br>3464 м<br>a <sub>т</sub> =0<br>a <sub>n</sub> =9,8 м/с <sup>2</sup>                            | 0,6 м/с <sup>2</sup><br>84,1 м/с <sup>2</sup><br>84,1 м/с <sup>2</sup> | 1006 Н           | 114 м/с                                                             | 4 М Дж<br>40 кВт                                        | 272 м/с <sup>2</sup><br>27,8 рад | 6,28 Н/м                         | 3,125 кг   | 2,24 м/с              |
| <b>10</b> | -396 м<br>-599 м/с<br>-600 м/с <sup>2</sup><br>-197 м/с<br>-300 м/с <sup>2</sup> | 1,2 м/с <sup>2</sup><br>168,2 м/с <sup>2</sup><br>168,4 м/с <sup>2</sup>                                | 1,5Н                                                                   | -6 м/с           | 25·10 <sup>3</sup> Вт                                               | 5657 м/с                                                | 140 м/с                          | 0,64 Нм                          | 210 кг     | 3214 Дж               |

**Продолжение**

| <b>Задача</b>  | <b>1</b>                                                                                                          | <b>2</b>                                                                       | <b>3</b>                        | <b>4</b>                     | <b>5</b>                    | <b>6</b>                       | <b>7</b>            | <b>8</b>                                 | <b>9</b>              | <b>10</b>       |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| <b>Вариант</b> |                                                                                                                   |                                                                                |                                 |                              |                             |                                |                     |                                          |                       |                 |
| <b>11</b>      | 40 м/с<br>52 м/с <sup>2</sup><br>12 м/с<br>20 м/с <sup>2</sup><br>16,5<br>рад/с <sup>2</sup>                      | 16,5<br>рад/с <sup>2</sup>                                                     | 1,08 м<br>40,16 Н               | 1 м/с<br>1,6 м/с             | 1350 Дж                     | 6 м/с<br>4 м/с                 | 0,5 с <sup>-1</sup> | 1,25 м/с<br>0,25<br>рад/с <sup>2</sup>   | 0,007 с <sup>-1</sup> | 30 <sup>0</sup> |
| <b>12</b>      | 8 м/с <sup>2</sup><br>17,6 м/с <sup>2</sup><br>0,52 с                                                             | 217,8<br>м/с <sup>2</sup><br>0,8 м/с <sup>2</sup><br>217,7<br>м/с <sup>2</sup> | 1,96 м/с <sup>2</sup><br>78,4 Н | 1,33<br>кг·м/с               | 1,044·10 <sup>6</sup><br>Вт | 73,4 м/с <sup>2</sup><br>832 Н | 20м                 | 75·10 <sup>-5</sup><br>кг·м <sup>2</sup> | 1,08<br>рад/с         | 18 Дж           |
| <b>13</b>      | 6 рад<br>8 рад/с<br>20 рад/с <sup>2</sup><br>1038 рад<br>1283<br>рад/с<br>1280<br>рад/с <sup>2</sup><br>425 рад/с | 17,8 м/с<br>8,48 м/с <sup>2</sup><br>4,9 м/с <sup>2</sup>                      |                                 | 330,6 м/с<br>19 <sup>0</sup> | 49,2 Дж<br>32,1 Дж          | 1650 км                        | 0,39                | -0,64 Н·м                                | 14/5m R <sup>2</sup>  | 4 м/с           |