

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ» ИМ.
ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению индивидуального задания

по дисциплине базовой части

математического и естественно-научного цикла

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

для студентов всех форм обучения

направления подготовки 15.03.02

«Технологические машины и оборудование»

**Донецк
ДОННТУ
2017**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ» ИМ.
ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению индивидуального задания

по дисциплине базовой части

математического и естественно-научного цикла

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

для студентов всех форм обучения

направления подготовки 15.03.02

«Технологические машины и оборудование»

Рассмотрены на заседании
кафедры «Механическое оборудование
заводов черной металлургии»
им. проф. Седуша В.Я.
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании
учебно-издательского совета ДОННТУ
Протокол № __ от __.__. 20__ г.

Донецк
ДОННТУ
2017

УДК 531 (075.8)

Методические указания к выполнению индивидуального задания по дисциплине базовой части математического и естественно-научного цикла «Теоретическая механика» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров, М. Ю. Ткачев, Е. В. Ошовская. – Донецк : ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 22 с.

Приведены условия задач, рекомендации к самостоятельному выполнению и оформлению студентами (бакалаврами) всех форм обучения индивидуального задания по всем разделам курса «Теоретическая механика».

Составители: Сидоров В.А., к.т.н., профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я., Ткачев М.Ю., ассистент кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я., Ошовская Е.В., к.т.н., доцент кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

Рецензенты: д.т.н., профессор А.П. Кононенко
к.т.н., профессор В.Н. Ульяницкий

Ответственный за выпуск:
заведующий кафедрой, д. т. н., профессор С. П. Еронько

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. СТАТИКА	6
1.1. Задача 1. Определение реакций опор твердого тела	6
1.2. Задача 2. Равновесие тел с учетом сцепления (трения покоя)	10
РАЗДЕЛ 2. КИНЕМАТИКА	15
2.1. Задача 3. Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения	15
2.2. Задача 4. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях	15
РАЗДЕЛ 3. ДИНАМИКА	19
3.1. Задача 5. Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием постоянных сил ..	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	22

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания составлены преподавателями кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» для студентов первого курса ускоренной формы обучения специальности 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» и предназначены для обобщения рекомендаций по их самостоятельной работе над индивидуальным заданием.

Комплект из 5 задач, каждая из которых содержит условия для 15 независимых вариантов, составлен в соответствии с предметной областью подготовки инженеров-механиков по трем основным разделам курса: «Статика», «Кинематика», «Динамика». Вариант задания выдается преподавателем практических занятий и/или лектором. Его выбор может быть реализован в соответствии с порядковым номером студента в списке академической группы.

Решение индивидуального задания приводится на листах бумаги формата А4 в машино- или рукописной форме. Номера страниц, за исключением титульной, указываются вверху листа с выравниванием по центру. Пояснительная записка должна содержать титульный лист, содержание, условия задач с их непосредственным решением, список использованной литературы по ГОСТ 7.1-2003. Общее оформление работы должно соответствовать правилам, регламентированным ГОСТ Р 6.30-2003.

Разработка условий задач выполнена в соответствии с рекомендациями [1], где также приведены в аналогичных тематических разделах образцы их решения. Для работы над индивидуальным заданием рекомендуется использовать также указания, содержащиеся в [2-11].

Выполнение индивидуального задания имеет своей целью проверку и закрепление приобретенных теоретических знаний и навыков их применения для решения частных практических вопросов.

РАЗДЕЛ 1. СТАТИКА

1.1. Задача 1. Определение реакций опор твердого тела

На схемах (рис. 1-15) показаны для каждого варианта три способа закрепления бруса, ось которого – ломаная линия. Задаваемая нагрузка (табл. 1) и размеры (м) во всех трех случаях одинаковы. Определить реакции опор для того способа закрепления бруса, при котором реакция, указанная в табл. 1, имеет наименьший модуль.

Таблица 1.

Номер варианта (рис. 1-15)	P , кН	M , кН·м	q , кН/м	Исследуемая реакция
1	10	6	2	Y_A
2	20	5	4	M_A
3	15	8	1	Y_B
4	5	2	1	Y_B
5	10	4	–	X_B
6	6	2	1	M_A
7	2	4	2	X_A
8	20	10	4	R_B
9	10	6	–	Y_A
10	2	4	2	R_A
11	4	10	1	R_B
12	10	5	2	Y_A
13	20	12	2	Y_A
14	15	4	3	Y_A
15	10	5	2	X_A

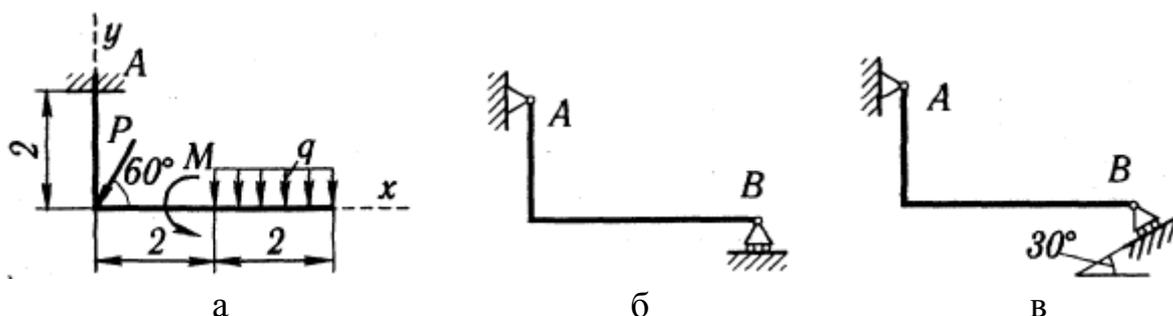


Рисунок 1 – К задаче 1 (вариант 1)

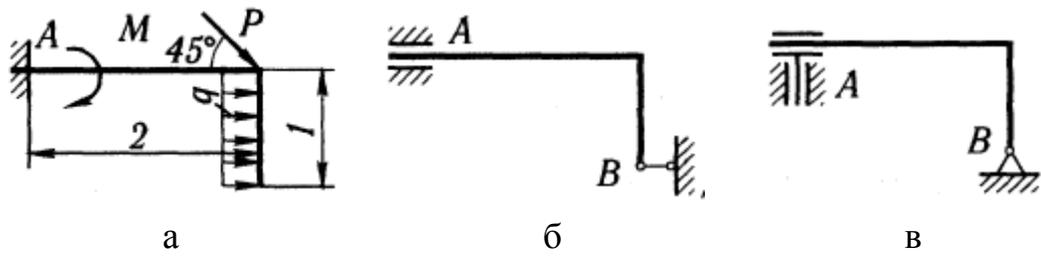


Рисунок 2 – К задаче 1 (вариант 2)

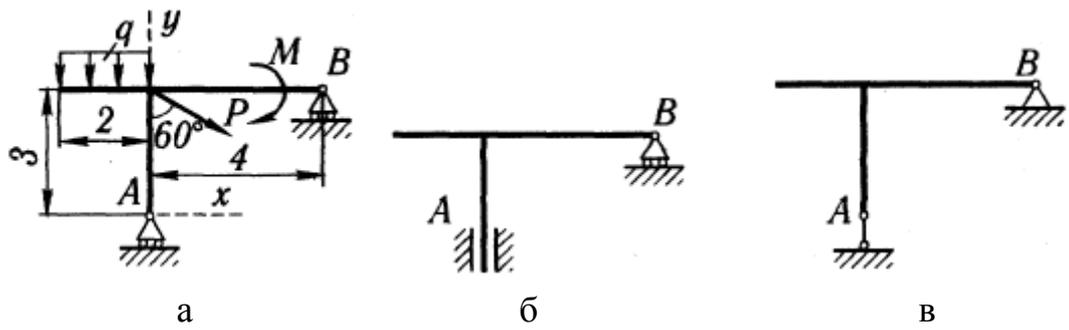


Рисунок 3 – К задаче 1 (вариант 3)

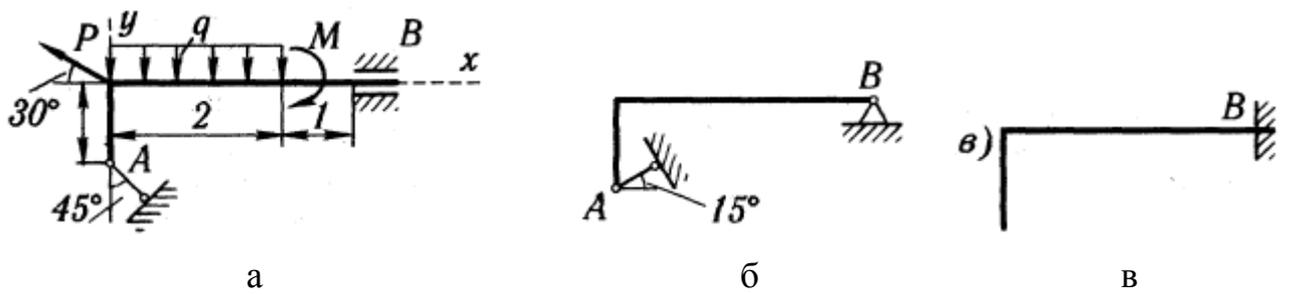


Рисунок 4 – К задаче 1 (вариант 4)

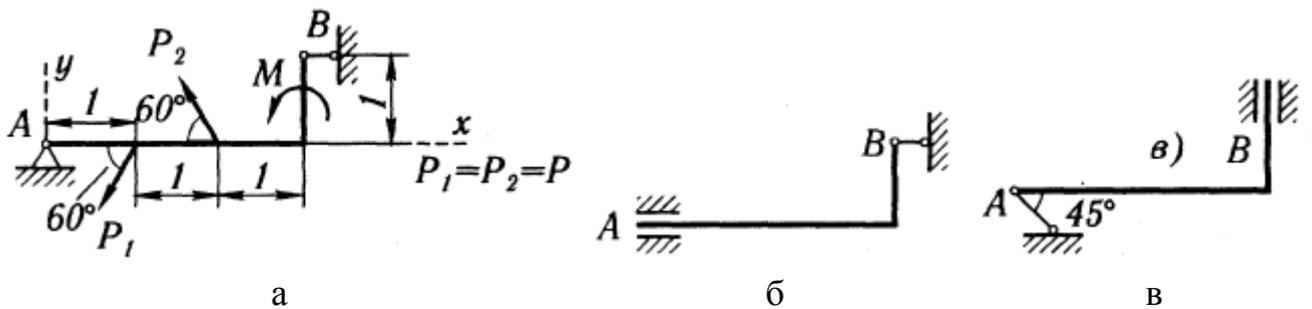
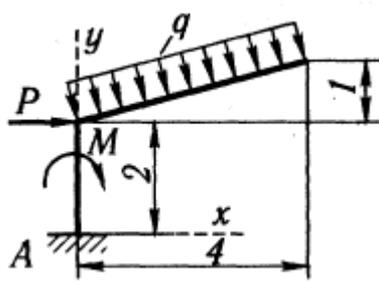
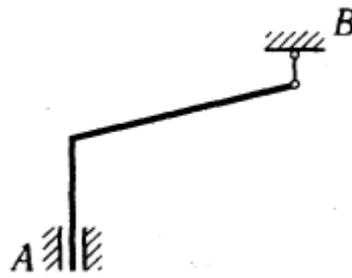


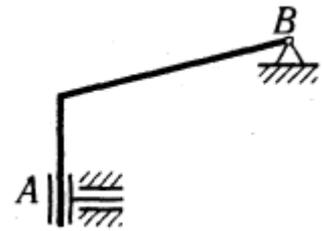
Рисунок 5 – К задаче 1 (вариант 5)



а

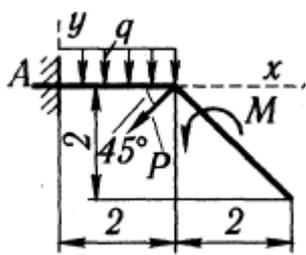


б

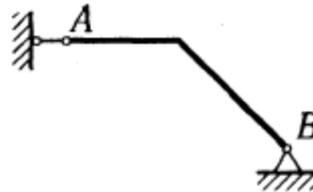


в

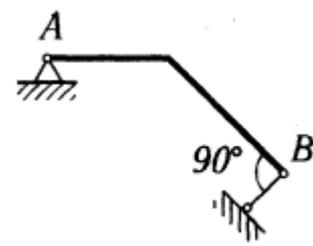
Рисунок 6 – К задаче 1 (вариант 6)



а

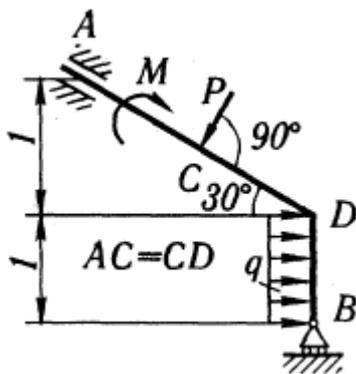


б

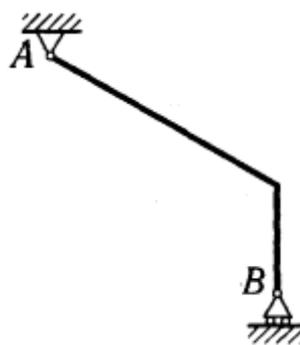


в

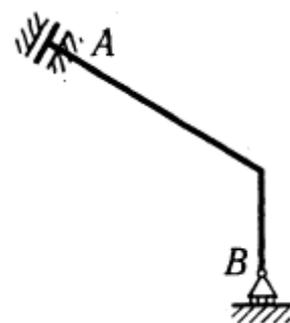
Рисунок 7 – К задаче 1 (вариант 7)



а



б



в

Рисунок 8 – К задаче 1 (вариант 8)

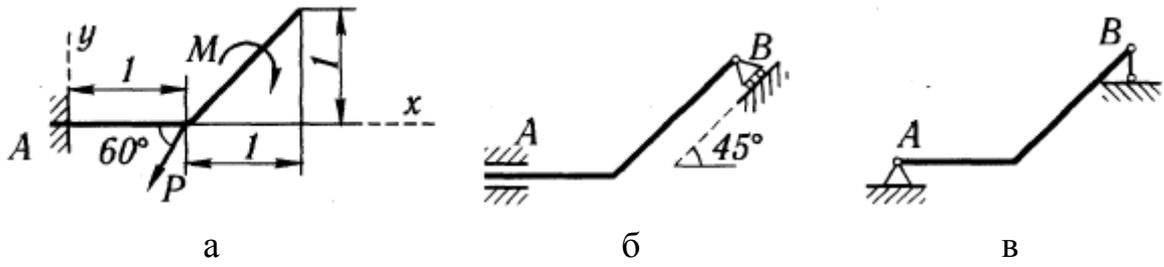


Рисунок 9 – К задаче 1 (вариант 9)

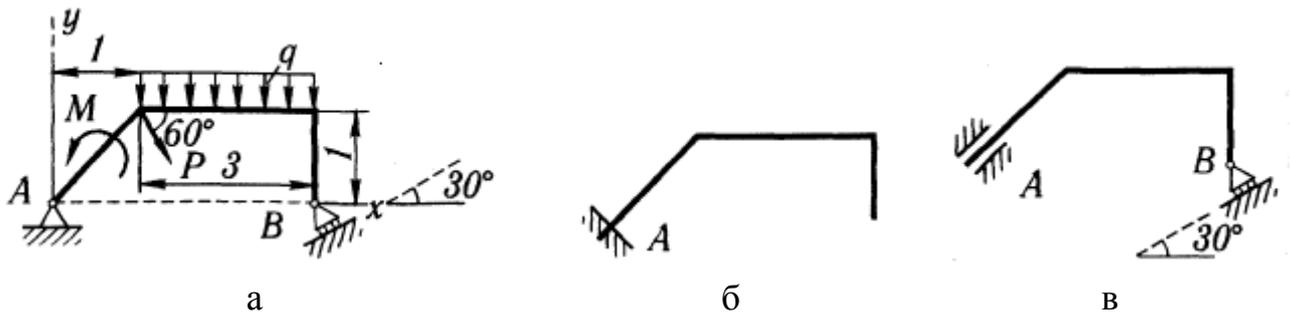


Рисунок 10 – К задаче 1 (вариант 10)

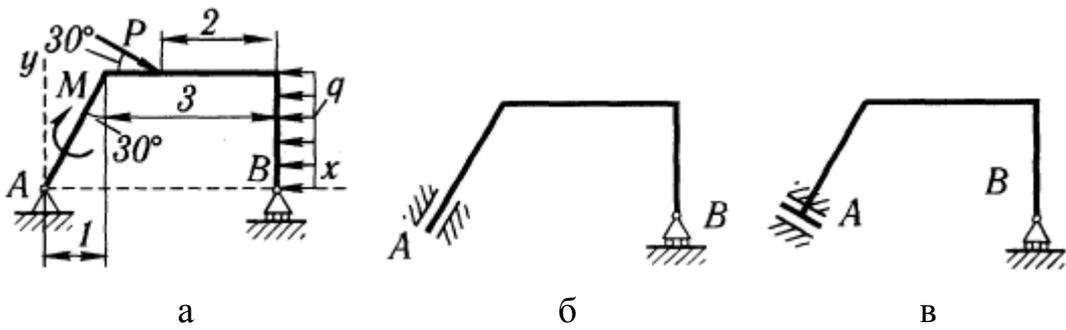


Рисунок 11 – К задаче 1 (вариант 11)

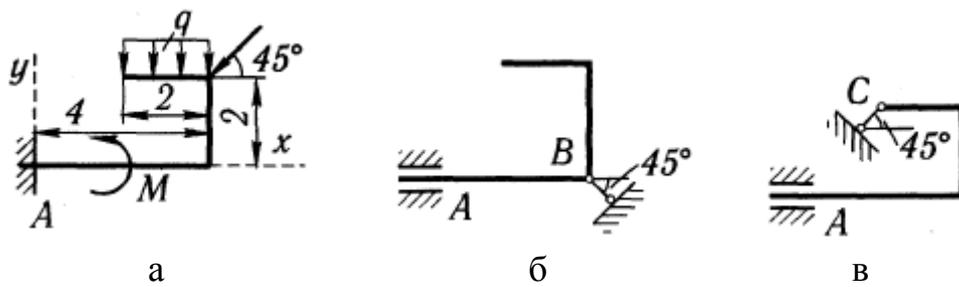


Рисунок 12 – К задаче 1 (вариант 12)

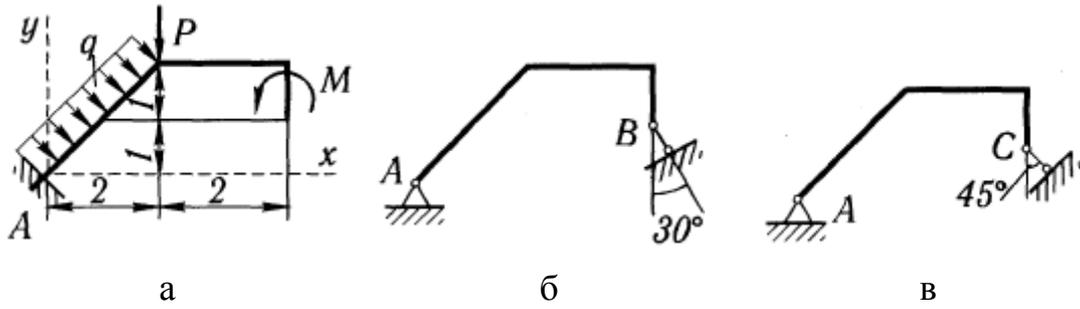


Рисунок 13 – К задаче 1 (вариант 13)

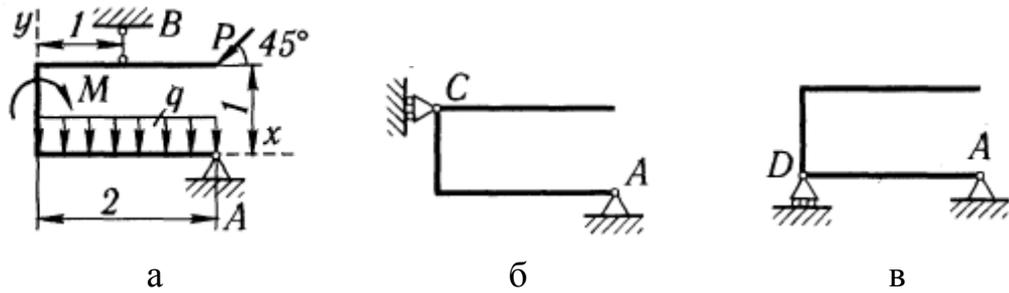


Рисунок 14 – К задаче 1 (вариант 14)

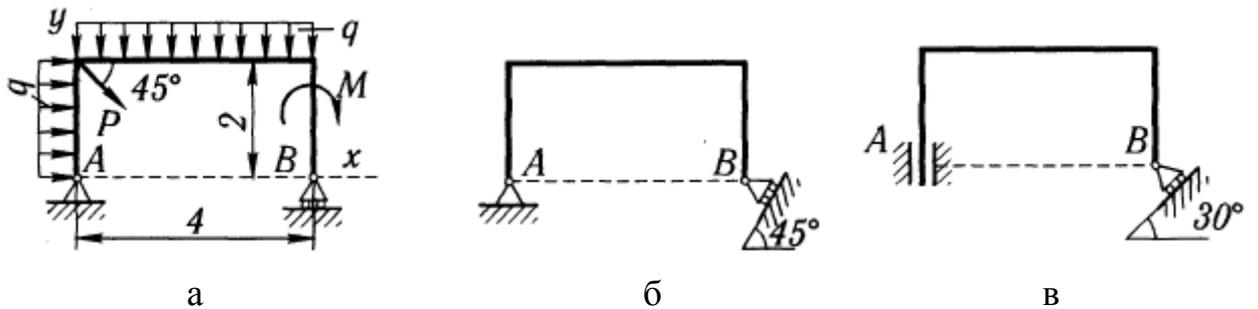


Рисунок 15 – К задаче 1 (вариант 15)

1.2. Задача 2. Равновесие тел с учетом сцепления (трения покоя)

Определить минимальное значение силы P и реакции опор системы, находящиеся в покое. Схемы вариантов представлены на рис. 16-30, а необходимые

для расчета данные – в табл. 2. Сцепление (трение покоя) учесть только между колодкой и барабаном.

Таблица 2.

Номер варианта (рис. 16-30)	G	Q	a	b	c	α , град	Коэффициент сцепления (коэффициент трения покоя)	Точки, в которых определяются реакции
	кН		м					
1	1,0	10	0,20	0,10	0,04	30	0,10	O, A
2	1,1	–	0,10	0,15	–	30	0,15	O, A, B
3	1,3	14	0,45	0,40	0,05	45	0,20	O, A
4	1,8	15	0,10	0,40	0,06	–	0,25	O, A
5	1,5	16	0,20	0,30	0,04	45	0,30	O, A
6	1,6	18	0,15	0,10	–	45	0,35	O, A, B
7	2,0	20	0,20	0,50	0,05	30	0,40	O, A
8	2,2	18	0,20	0,10	–	30	0,35	O, A, B
9	2,1	20	0,10	0,20	–	30	0,30	O, A, B
10	1,8	22	0,30	0,30	0,04	45	0,25	O, A
11	1,9	24	0,40	0,50	0,06	–	0,20	O, A
12	2,0	25	0,10	0,25	–	30	0,15	O, A, B
13	1,6	20	0,10	0,10	–	45	0,10	O, A, B
14	1,7	24	0,10	0,25	0,04	60	0,15	O, A
15	1,8	20	0,10	0,15	–	45	0,20	O, A, B

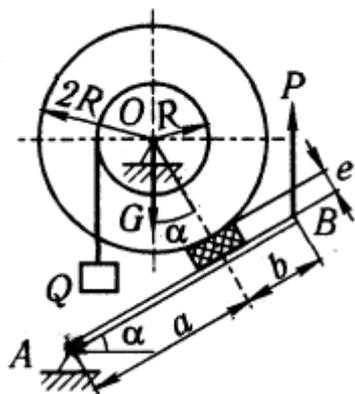


Рисунок 16 – К задаче 2 (вариант 1)

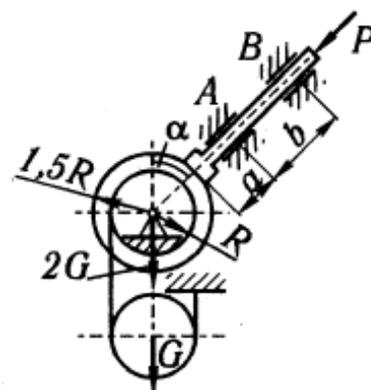


Рисунок 17 – К задаче 2 (вариант 2)

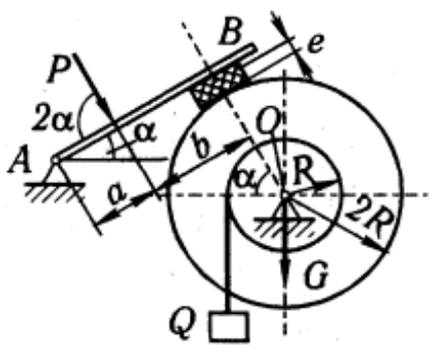


Рисунок 18 – К задаче 2 (вариант 3)

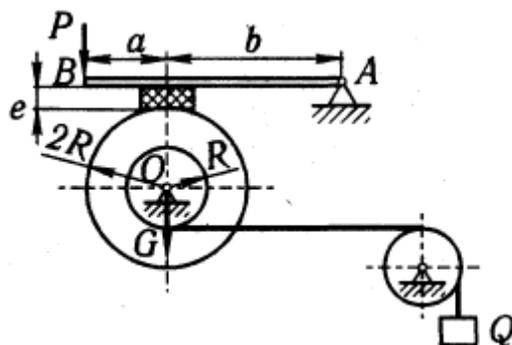


Рисунок 19 – К задаче 2 (вариант 4)

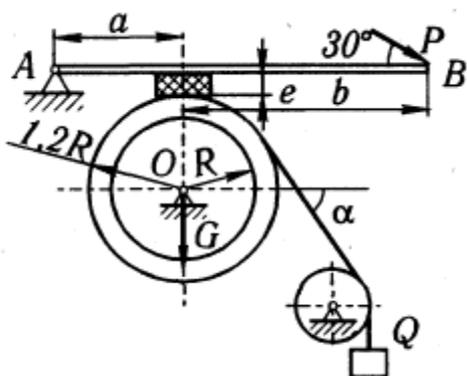


Рисунок 20 – К задаче 2 (вариант 5)

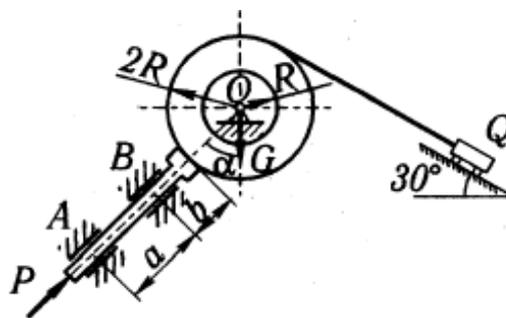


Рисунок 21 – К задаче 2 (вариант 6)

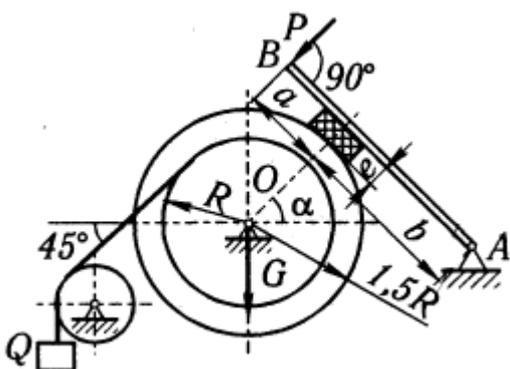


Рисунок 22 – К задаче 2 (вариант 7)

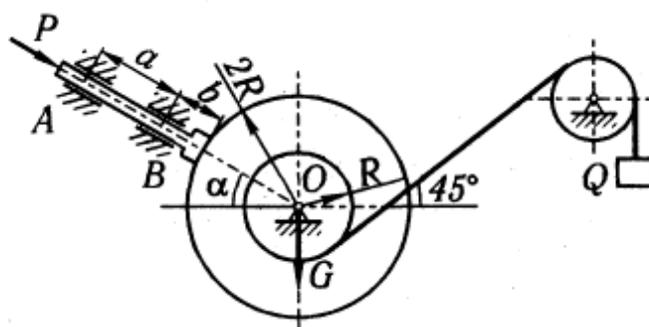


Рисунок 23 – К задаче 2 (вариант 8)

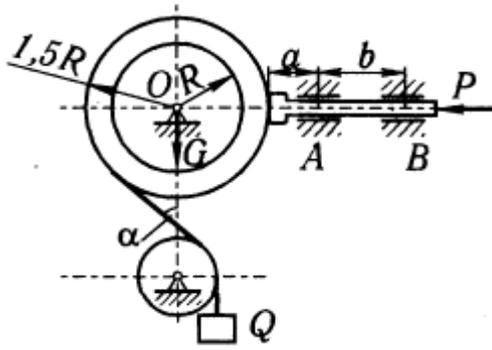


Рисунок 24 – К задаче 2 (вариант 9)

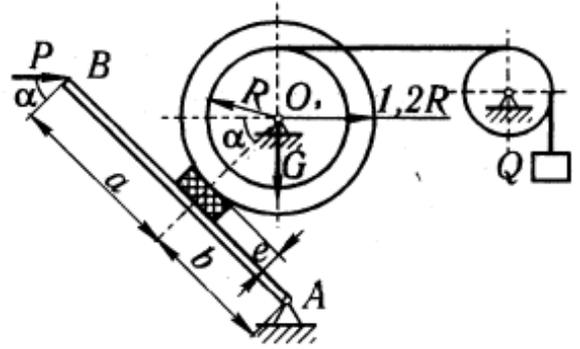


Рисунок 25 – К задаче 2 (вариант 10)

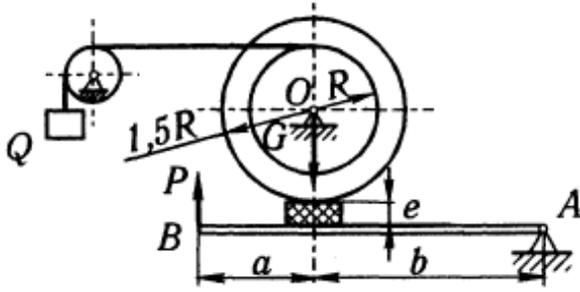


Рисунок 26 – К задаче 2 (вариант 11)

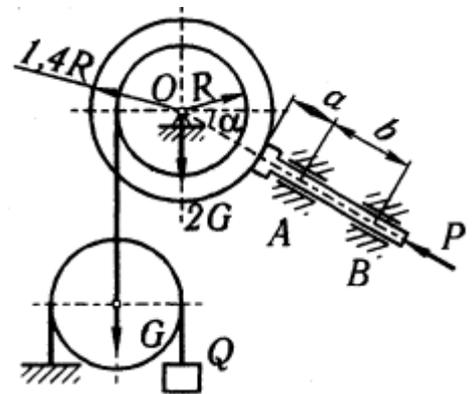


Рисунок 27 – К задаче 2 (вариант 12)

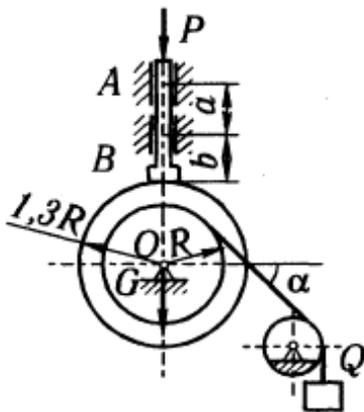


Рисунок 28 – К задаче 2 (вариант 13)

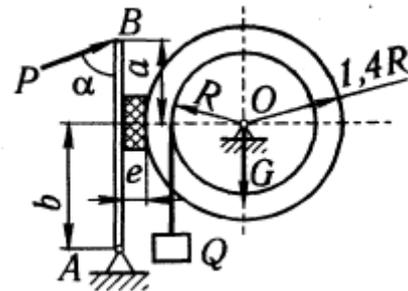


Рисунок 29 – К задаче 2 (вариант 14)

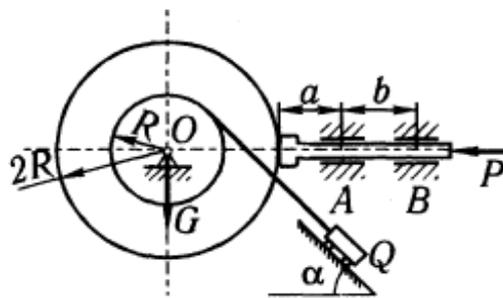


Рисунок 30 – К задаче 2 (вариант 15)

РАЗДЕЛ 2. КИНЕМАТИКА

2.1. Задача 3. Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения

По заданным уравнениям движения точки M установить вид ее траектории и для момента времени $t = t_1$ (с) найти положение точки на траектории, ее скорость, полное, касательное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории. Необходимые для решения данные приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Номер варианта	Уравнения движения		t_1 , с
	$x = x(t)$, см	$y = y(t)$, см	
1	$-2t^2 + 3$	$-5t$	0,5
2	$4 \cos^2(\pi t/3) + 2$	$4 \sin^2(\pi t/3)$	1
3	$-\cos(\pi t^2/3) + 3$	$\sin(\pi t^2/3) - 1$	1
4	$4t + 4$	$-4/(t+1)$	2
5	$2 \sin(\pi t/3)$	$-3 \cos(\pi t/3) + 4$	1
6	$3t^2 + 2$	$-14t$	0,5
7	$3t^2 - t + 1$	$5t^2 - 5t/3 - 2$	1
8	$7 \sin(\pi t^2/6) + 3$	$2 - 7 \cos(\pi t^2/6)$	1
9	$-3/(t+2)$	$3t + 6$	2
10	$-4 \cos(\pi t/3)$	$-2 \sin(\pi t/3) - 3$	1
11	$-4t^2 + 1$	$8 - 3t$	0,5
12	$5 \sin^2(\pi t/6)$	$-5 \cos^2(\pi t/6) - 3$	1
13	$5 \cos(\pi t^2/3)$	$-5 \sin(\pi t^2/3)$	1
14	$-2t - 2$	$-2/(t+1)$	2
15	$4 \cos(\pi t/3)$	$-3 \sin(\pi t/3)$	1

2.2. Задача 4. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

Движение груза I должно описываться уравнением

$$x = c_2 t^2 + c_1 t + c_0,$$

где t – время; c , c_0 , c_1 , c_2 – некоторые постоянные.

В начальный момент времени ($t = 0$) положение груза определяется координатой x_0 , и он имеет скорость v_0 . Учесть, что в момент времени $t = t_2$ координата груза равна x_2 . Определить коэффициенты c_0 , c_1 и c_2 , при которых осуществляется требуемое движение груза l . Определить также в момент времени $t = t_1$ скорость и ускорение груза и точки M одного из колес механизма.

Схемы механизмов показаны на рис. 31-45, а необходимые данные приведены в табл. 4.

Таблица 3.

Номер варианта (рис. 31-45)	Радиусы, см				Координаты и скорости груза l			Расчетные моменты времени, с	
	R_2	r_2	R_3	r_3	x_0 , см	v_0 , см/с	x_2 , см	t_2	t_1
1	60	45	36	—	2	12	173	3	2
2	80	—	60	45	5	10	41	2	1
3	100	60	75	—	8	6	40	4	2
4	58	45	60	—	4	4	172	4	3
5	80	—	45	30	3	15	102	3	2
6	100	60	30	—	7	16	215	4	2
7	45	35	105	—	8	5	124	4	3
8	35	10	10	—	6	2	111	3	2
9	40	30	15	—	10	7	48	2	1
10	15	—	40	35	5	3	129	4	3
11	40	25	20	—	9	8	65	2	1
12	20	15	10	—	5	10	179	3	2
13	30	20	40	—	7	0	557	5	2
14	15	10	15	—	6	3	80	2	1
15	15	10	15	—	5	2	189	4	2

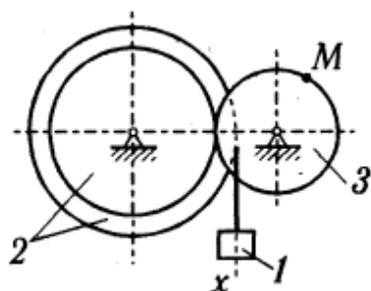


Рисунок 31 – К задаче 4 (вариант 1)

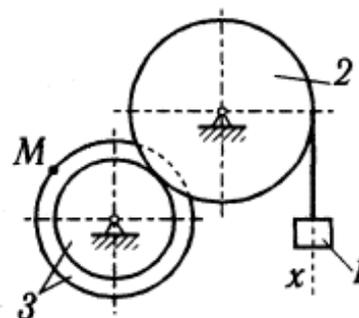


Рисунок 32 – К задаче 4 (вариант 2)

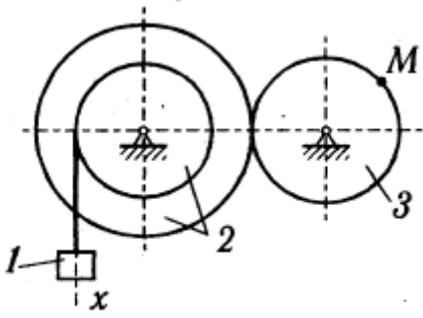


Рисунок 33 – К задаче 4 (вариант 3)

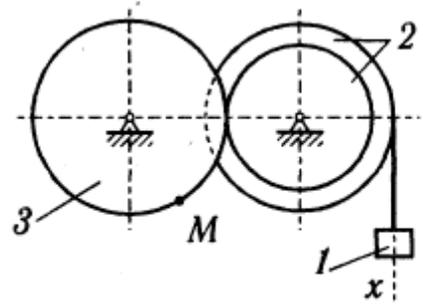


Рисунок 34 – К задаче 4 (вариант 4)

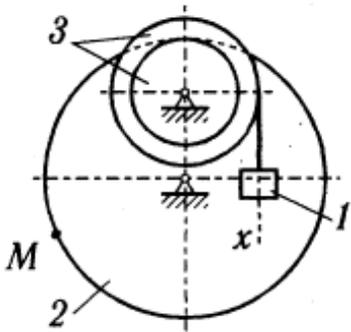


Рисунок 35 – К задаче 4 (вариант 5)

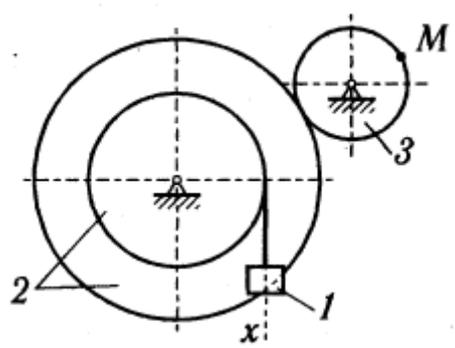


Рисунок 36 – К задаче 4 (вариант 6)

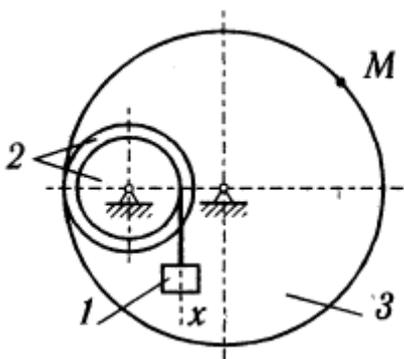


Рисунок 37 – К задаче 4 (вариант 7)

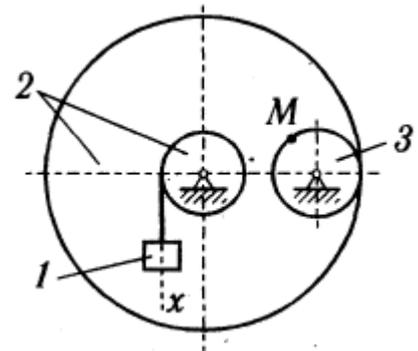


Рисунок 38 – К задаче 4 (вариант 8)

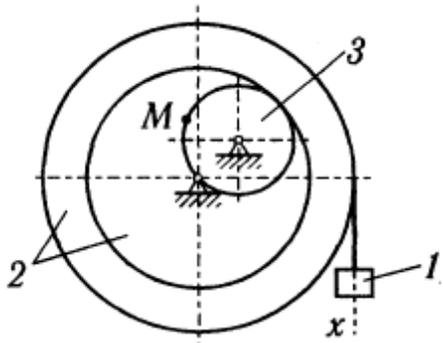


Рисунок 39 – К задаче 4 (вариант 9)

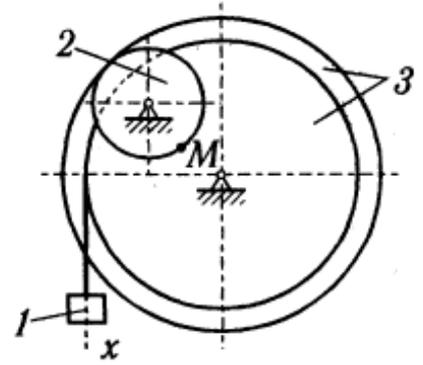


Рисунок 40 – К задаче 4 (вариант 10)

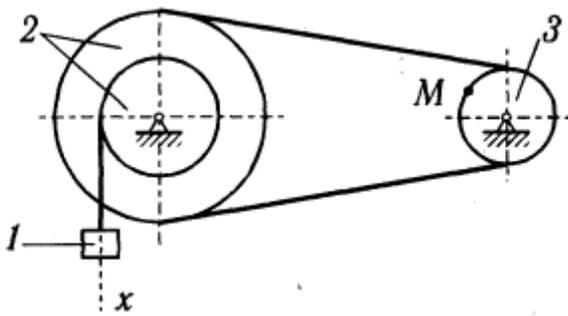


Рисунок 41 – К задаче 4 (вариант 11)

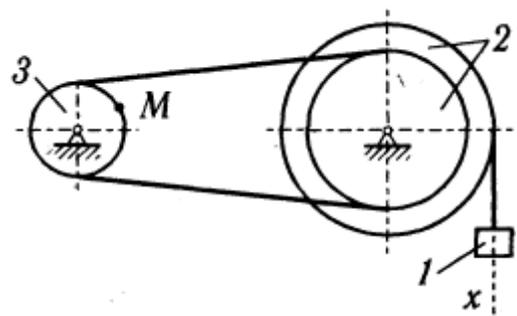


Рисунок 42 – К задаче 4 (вариант 12)

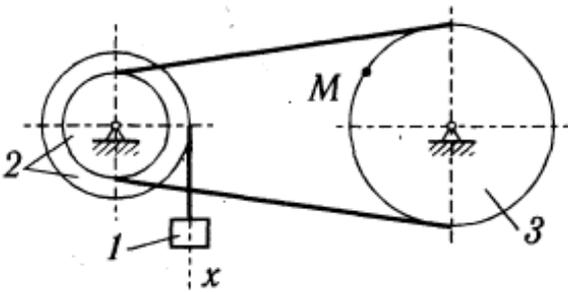


Рисунок 43 – К задаче 4 (вариант 13)

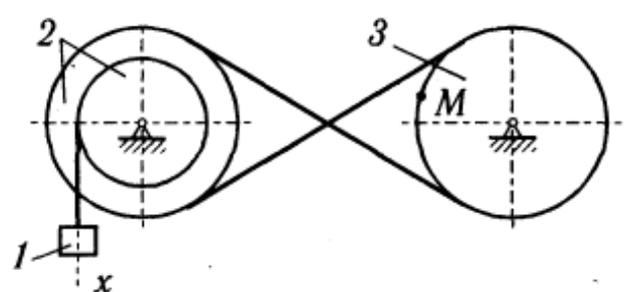


Рисунок 44 – К задаче 4 (вариант 14)

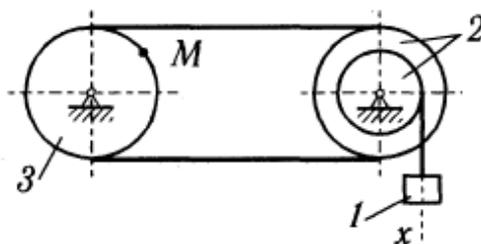


Рисунок 45 – К задаче 4 (вариант 15)

РАЗДЕЛ 3. ДИНАМИКА

3.1. Задача 5. Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием постоянных сил

Варианты 1-4 (рис. 46). Тело движется из точки A по участку AB (длиной l) наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом, в течение τ с. Его начальная скорость v_A . Коэффициент трения скольжения тела по плоскости равен f . В точке B тело покидает плоскость со скоростью v_B и попадает со скоростью v_C в точку C плоскости BD , наклоненной под углом β к горизонту, находясь в воздухе T с. При решении задачи тело принять за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.

Вариант 1. Дано: $\alpha = 30^\circ$; $v_A = 0$; $f = 0,2$; $l = 10$ м; $\beta = 60^\circ$. Определить τ и h .

Вариант 2. Дано: $\alpha = 15^\circ$; $v_A = 2$ м/с; $f = 0,2$; $h = 4$ м; $\beta = 45^\circ$. Определить l и уравнение траектории точки на участке BC .

Вариант 3. Дано: $\alpha = 30^\circ$; $v_A = 3,5$ м/с; $f \neq 0$; $l = 8$ м; $d = 10$ м; $\beta = 60^\circ$. Определить v_B и τ .

Вариант 4. Дано: $v_A = 0$; $\tau = 2$ с; $l = 9,8$ м; $\beta = 60^\circ$; $f = 0$. Определить α и T .

Варианты 5-8 (рис. 47). Камень скользит в течение τ с по участку AB откоса, составляющему угол α с горизонтом и имеющему длину l . Его начальная скорость v_A . Коэффициент трения скольжения камня по откосу равен f . Имея в точке B скорость v_B , камень через T с ударяется в точке C о вертикальную защитную стену. При решении задачи принять камень за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.

Вариант 5. Дано: $\alpha = 30^\circ$; $v_A = 1$ м/с; $l = 3$ м; $f = 0,2$; $d = 2,5$ м. Определить h и T .

Вариант 6. Дано: $\alpha = 45^\circ$; $l = 6$ м; $v_B = 2 v_A$; $\tau = 1$ с; $h = 6$ м. Определить d и f .

Вариант 7. Дано: $\alpha = 30^\circ$; $l = 2$ м; $v_A = 0$; $f = 0,1$; $d = 3$ м. Определить h и τ .

Вариант 8. Дано: $\alpha = 15^\circ$; $l = 3$ м; $v_B = 3$ м/с; $f \neq 0$; $\tau = 1,5$ с; $d = 2$ м. Определить v_A и h .

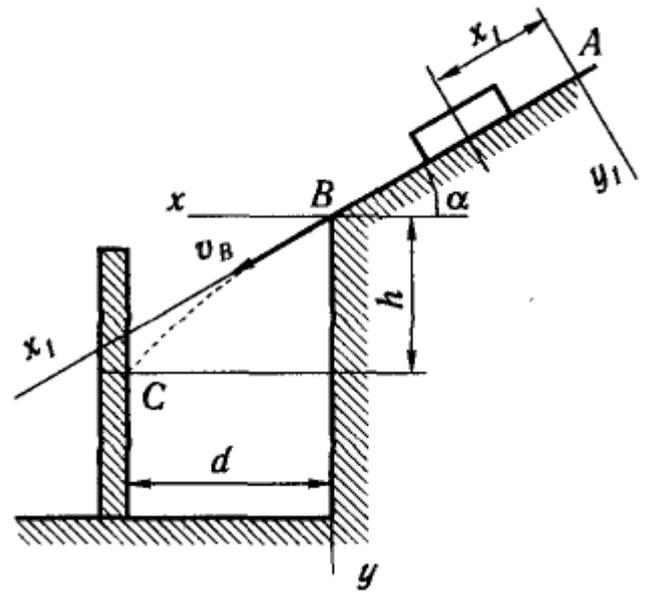
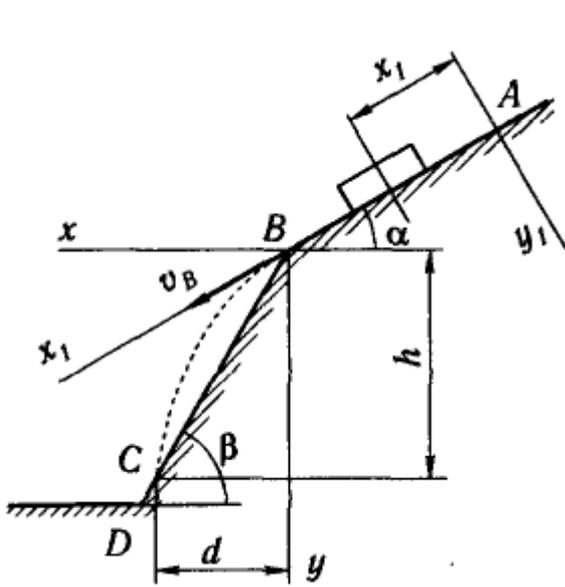


Рисунок 46 – К задаче 5 (вариант 1-4) Рисунок 47 – К задаче 5 (вариант 5-8)

Варианты 9-12 (рис. 48). Тело движется из точки A по участку AB (длиной l) наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом. Его начальная скорость v_A . Коэффициент трения скольжения равен f . Через τ с тело в точке B со скоростью v_B покидает наклонную плоскость и падает на горизонтальную плоскость в точку C со скоростью v_C ; при этом оно находится в воздухе T с.

При решении задачи принять тело за материальную точку и не учитывать сопротивление воздуха.

Вариант 9. Дано: $\alpha = 30^\circ$; $f = 0,1$; $v_A = 1$ м/с; $\tau = 1,5$ с; $h = 10$ м. Определить v_B и d .

Вариант 10. Дано: $v_A = 0$; $\alpha = 45^\circ$; $l = 10$ м; $\tau = 2$ с. Определить f и уравнение траектории на участке BC .

Вариант 11. Дано: $f = 0$; $v_A = 0$; $l = 9,81$ м; $\tau = 2$ с; $h = 20$ м. Определить α и T .

Вариант 12. Дано: $v_A = 0$; $\alpha = 30^\circ$; $f = 0,2$; $l = 10$ м; $d = 12$ м. Определить τ и h .

Варианты 13-15 (рис. 49). Имея в точке A скорость v_A , тело движется по горизонтальному участку AB длиной l в течение τ с. Коэффициент трения скольжения тела по плоскости равен f . Со скоростью v_B тело в точке B покидает плоскость

и попадает в точку C со скоростью v_C , находясь в воздухе T с. При решении задачи принять тело за материальную точку; сопротивление воздуха не учитывать.

Вариант 13. Дано: $v_A = 7$ м/с; $f = 0,2$; $l = 8$ м; $h = 20$ м. Определить d и v_C .

Вариант 14. Дано: $v_A = 4$ м/с; $f = 0,1$; $\tau = 2$ с; $d = 2$ м. Определить v_B и h .

Вариант 15. Дано: $v_B = 3$ м/с; $f = 0,3$; $l = 3$ м; $h = 5$ м. Определить v_A и T .

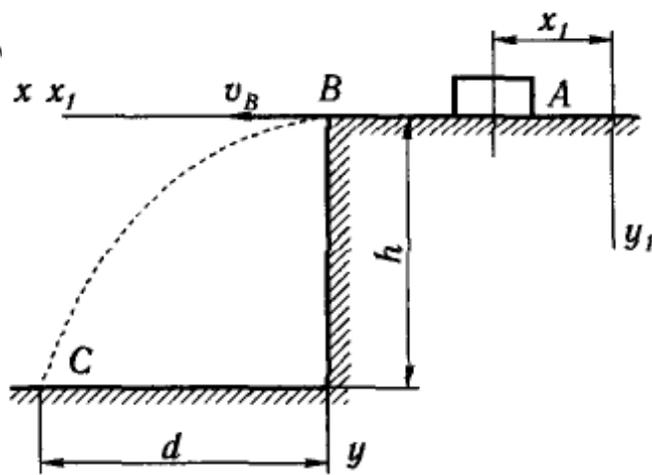
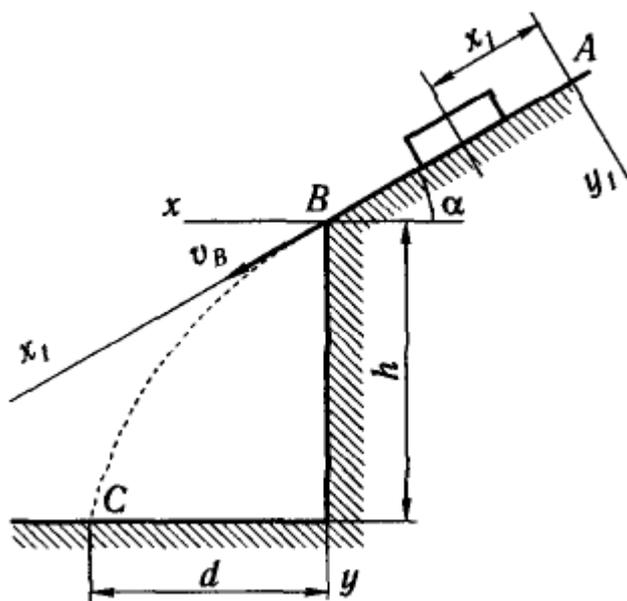


Рисунок 48 – К задаче 5 (вариант 9-12) Рисунок 49 – К задаче 5 (вариант 13-15)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Блохин, В. Н.** Пособие по теоретической механике : учеб. пособие / В. Н. Блохин, А. М. Случевский. – Брянск : Изд-во Брянской ГСХА, 2014. – 231 с.
2. **Гермидер, О. В.** Сборник задач по теоретической механике : учеб.-метод. пособие / О. В. Гермидер, О. Н. Оруджова, А. А. Шинкарук. – Архангельск : САФУ, 2016. – 70 с.
3. **Денисов, Ю. В.** Теоретическая механика : учебник / Ю. В. Денисов, Н. А. Клиньских. – Екатеринбург : УрФУ, 2013. – 474 с.
4. **Локтионова, О. Г.** Лекции по теоретической механике : учеб. пособие / О. Г. Локтионова, С. Ф. Яцун, О. В. Емельянов. – Курск : Юго-Зап. Гос. ун-т, 2014. – 188 с.
5. **Мещерский, И. В.** Сборник задач по теоретической механике : учеб. пособие / И. В. Мещерский, Н. В. Бутенин, А. И. Лурье. – Москва: Наука, Гл. ред. физико-математ. лит., 1986. – 448 с.
6. **Молотков, Н. Я.** Механика : учеб. пособие / Н. Я. Молотков, В. Е. Иванов, О. В. Ломакина. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 188 с.
7. **Никитин, Е. М.** Теоретическая механика для техникумов : учебник / Е. М. Никитин. – Москва: Наука, Гл. ред. физико-математ. лит., 1988. – 336 с.
8. **Савчук, В. П.** Теоретическая механика : учебник / В. П. Савчук, Д. Г. Медведев, О. Н. Вярвьильская. – Минск : БГУ, 2016. – 231 с.
9. **Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике** : учеб. пособие / А. А. Яблонский [и др.]. – Москва : Интеграл-Пресс, 2006. – 384 с.
10. **Теоретическая механика: Методические указания и контрольные задания** / Л. И. Котова [и др.]. – Москва : Высш. шк., 1989. – 111 с.
11. **Теоретическая механика** : учебник / Н. Г. Васько [и др.]. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2012. – 302 с.