Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра механики и сопротивления материалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению расчетно-графических работ

по дисциплине

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Направление подготовки	**23.05.01 - «Наземные транспортно-технологические средства»**
Специализация	**«Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование»**
Квалификация	**Инженер**
Составитель методических указаний:	Лапшин В.Л. д.т.н., профессор кафедры механики и сопротивления материалов ИРНИТУ

Иркутск 2020 г.

УДК: 531 (071.1)

Изучение равновесия и движения механических систем. Теоретическая механика: метод. указания по выполнению расчетно-графических работ / сост.: В.Л. Лапшин. Иркутск, 2020. – с.

Методические указания содержат задания для расчетно-графических работ по изучению равновесия и движения механических систем, предусмотренных учебным планом.

Каждый вариант работы охватывает учебный материал разделов «Статика», «Кинематика» и «Динамика». Все задания сопровождаются подробными пояснениями и решением типовых заданий. Представленный в методических указаниях материал может использоваться также для самостоятельной работы студентов по овладению методикой решения задач и преподавателями при составлении заданий для других видов работ в учебном процессе по теоретической механике.

При выполнении работы возможно применение ЭВМ.

Предназначается для студентов технических специальностей, изучающих курс теоретической механики.

Введение

Теоретическая механика, как одна из важнейших дисциплин играет существенную роль в подготовке бакалавров, инженеров и специалистов любых специальностей. Значимость теоретической механики в инженерном образовании определяется тем, что эта дисциплина является фундаментом, на котором строится преподавание всех инженерных дисциплин, изучаемых в вузе.

Качественное усвоение курса теоретической механики требует не только глубокого изучения теории, но и приобретения навыков решения задач. Самостоятельное выполнение студентами расчетно-графических работ является важным элементом подготовки качественного специалиста. При добросовестном отношении к выполнению и защите работ студент получает прочные знания по предмету, что способствует формированию знаний и умений, необходимых для самостоятельной работы по специальности.

Цели и задачи расчетно-графических работ (РГР)

Выполнение работ преследует цели:

- знакомство с широким кругом явлений, относящихся к простейшей форме движения материи – механическому движению, ознакомление с работой или принципом действия конкретных технических устройств;
- овладение углубленной информацией об основных законах, приводящих к созданию расчетных схем, необходимых в инженерных расчетах;
- формирование того минимума фундаментальных знаний, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладеть всем новым, с чем ему придется столкнуться в ходе дальнейшего научно-технического прогресса.

Успешная и плодотворная работа студента при выполнении работ должна привести к тому, что студент будет:

- знать основные понятия и законы механики и вытекающие из этих законов методы изучения равновесия и движения материальной точки, твердого тела и механической системы;
- уметь прилагать полученные знания для решения соответствующих конкретных задач;
- иметь представление об области применимости тех или иных положений и методов механики.

РГР № 1 – Статика
РГР № 2 – Кинематика
РГР № 3 – Динамика

Требования к уровню подготовки студентов

Для успешного выполнения расчетно-графических работ студентам необходимо

иметь:

- теоретическую подготовку по предмету (знание основных понятий и определений, логической взаимосвязи между ними; владение технической терминологией);
- практические умения и навыки (знание алгоритма решения задач, умение оформить схему, рисунок, математическое решение задания и способность анализировать результаты решения)

знать:

- основные положения кинематического анализа механических систем;
- возможные методы и способы решения типовых задач теоретической механики (разбираются на лекциях и закрепляются на практических занятиях).

Для ознакомления с основными положениями курса теоретической механики может быть использована литература: [2], [7].

Конкретное содержание каждого этапа работы индивидуально и определяется содержанием выполняемого варианта задания работы.

Пояснения по тексту заданий расчетно-графических работ

При чтении текста каждого задания расчетно-графической работы следует учесть следующее. К каждому заданию даются 10 рисунков и таблица с дополняющими текст задачи исходными данными.

Нумерация рисунков двойная, при этом номером рисунка является цифра, стоящая после точки. Например, рис. С1.4 – это рис. 4 к задаче С1. Рисунки даны без соблюдения масштаба; все линии, параллельные строкам, считаются горизонтальными, а перпендикулярные строкам – вертикальными, и это в тексте заданий специально не оговаривается.

Номера условий представлены в таблицах. ***Студент во всех заданиях выбирает номер рисунка по предпоследней цифре своего варианта (номер варианта – две последние цифры номера зачетной книжки), а номер условия в таблице – по последней.*** Например, если номер зачетной книжки заканчивается цифрами **38**, то во всех заданиях берутся рисунки **3** и условия **8** из таблиц.

После текста условия каждого задания даются методические указания по его выполнению и приводится пример решения аналогичной задачи. Цель примера – *разъяснить ход решения, но не воспроизвести его полностью*. Поэтому в ряде случаев промежуточные расчеты опускаются. При выполнении задания все преобразования и числовые расчеты студентом должны быть проделаны с необходимыми пояснениями. В конце решения должны быть даны ответы.

Требования к оформлению расчетно-графических работ

1. Работы оформляется в соответствии с СТО ИРНИТУ 05-2015. Образец задания на расчетно-графическую работу и титульного листа пояснительной записки приведены в приложениях А и Б соответственно.
2. ГОСТ 7.32-2001 устанавливает:
   - текст пояснительной записки расчетно-графической работы печатается на одной стороне листа бумаги формата А4;
   - междустрочный интервал – не менее 1;
   - размер шрифта (кегель) – 14;
   - тип шрифта – Times New Roman;
   - поля, значения: левое − 30 мм, правое – 10 мм, верхнее − 20 мм, нижнее – 20мм;
   - выравнивание по ширине страницы;
   - номер страницы ставится в центре нижней части листа без точки. Титульный лист и задание включаются в общую нумерацию, но номер на этих листах не ставится.
3. Решение каждого задания следует начинать с записи условия задания и исходных данных своего варианта. Далее делается рисунок (схема) изучаемого объекта.
4. Рисунок (схема) должен быть аккуратным и наглядным, а его размеры должны позволить показать все необходимые величины.
5. Решение задач необходимо сопровождать краткими пояснениями (какие формулы или теоремы применяются, откуда получаются те или иные результаты и т.п.) и ***подробно излагать весь ход расчетов***, при этом числовые значения физических величин в формулах проставлять в той же последовательности, в какой приведены в формуле их символы. Все расчеты должны быть выполнены в единицах СИ или других, допущенных к применению ГОСТ 8.417.
6. Единицы измерения физических величин проставляют только у результата вычислений.
7. Все листы пояснительной записки должны быть последовательно пронумерованы арабскими цифрами. Первым листом является содержание.

Текст документа должен быть кратким и четким. Терминология, символы и условные обозначения должны быть едиными на протяжении всей пояснительной записки и соответствовать действующим стандартам.

Структура пояснительной записки

Пояснительная записка должна включать в себя следующие структурные части в указанной последовательности:

- титульный лист;
- задание на расчетно-графическую работу;
- содержание;

− введение;
− основную часть;
− заключение;
− перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов (при необходимости);
− список использованных источников;
− приложения (при необходимости).

В содержании последовательно перечисляются заголовки структурных частей, следующих за «Содержанием», а также номера и заголовки разделов и подразделов основной части пояснительной записки с указанием номеров страниц. Наименование заголовков, включенных в содержание, записывают строчными буквами, кроме первой прописной.

Во введении обосновывается актуальность темы работы.

Заключение должно содержать оценку полученных результатов и соответствие их требованиям задания и т.п.

Слова «Содержание», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» являются заголовками соответствующих структурных частей, пишутся прописными буквами симметрично тексту и не нумеруются.

Пояснительная записка по выполненной расчетно-графической работе сдается в назначенное преподавателем время. Если в процессе проверки работы были обнаружены ошибки, работа возвращается на доработку. Студент должен не только предоставить аккуратно выполненную и оформленную работу, но и защитить ее.

Защита расчетно-графических работ

Защита работы может проводиться в устной форме (диалог «преподаватель − студент») или в письменной форме (контрольная работа).

В процессе защиты работы преподаватель работает с каждым студентом индивидуально, выясняя:

– теоретическую подготовку по предмету – знание основных понятий и определений теоретической механики, логическую взаимосвязь между ними; владение технической терминологией;

– практические умения и навыки – знание алгоритма решения различных задач; правил оформления схем, рисунков и чертежей; умение обосновать применяемые методы решения; способность анализировать результаты решения (аналитические расчеты и теоретические выводы).

В процессе диалогового общения студент должен показать навык ведения диалога, выражения своего мнения, его аргументации.

РГР № 1. СТАТИКА

Задание С1. Исследование равновесия конструкции

Конструкция, состоящая из двух прямолинейных стержней, жестко скрепленных между собой в точке С, расположена в вертикальной плоскости. На конструкцию действует пара сил с моментом M = 50 кН·м, равномерно распределенная нагрузка интенсивности q = 10 кН/м и одна сосредоточенная сила. Величина этой силы, ее направление и точка приложения указаны в табл. С1. Там же в столбце «Нагруженный участок» указано, на каком участке действует распределенная нагрузка. Направление распределенной нагрузки на различных по расположению участках указано в табл. С1 А. При расчетах размер ***a*** *принять равным* ***a****=0,5 м.*

Для данной конструкции

1. определить реакции связей конструкции для приведенных в условии данных;

2. выполнить проверку правильности определения реакций.

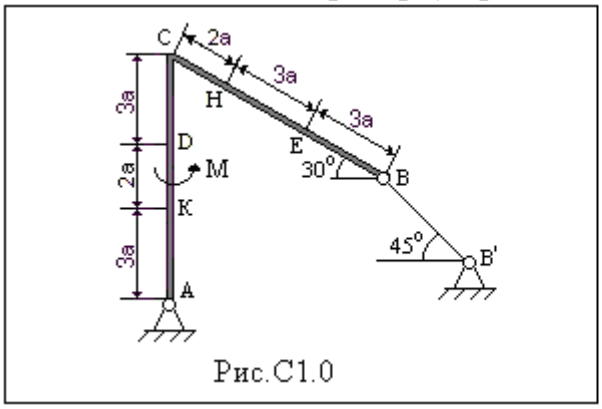


Рис.С1.0

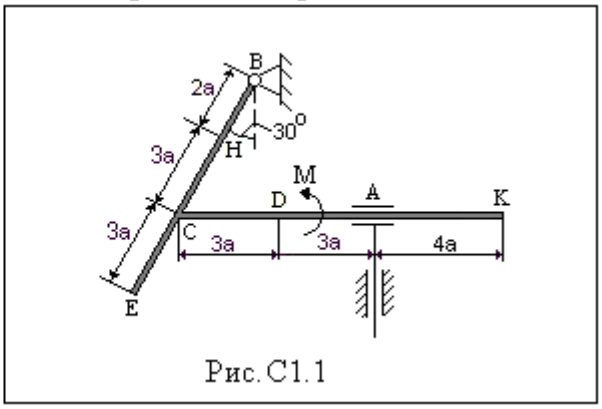


Рис.С1.1

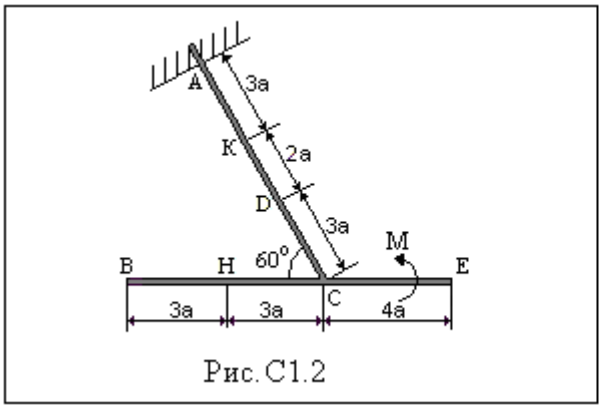


Рис.С1.2

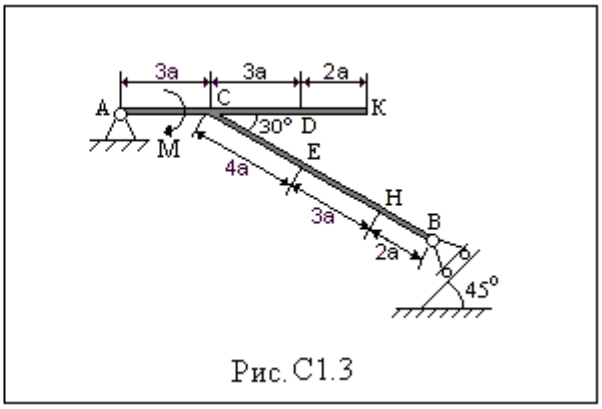


Рис.С1.3

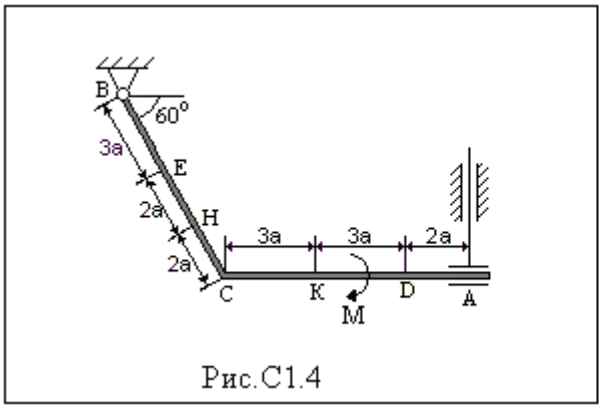


Рис.С1.4

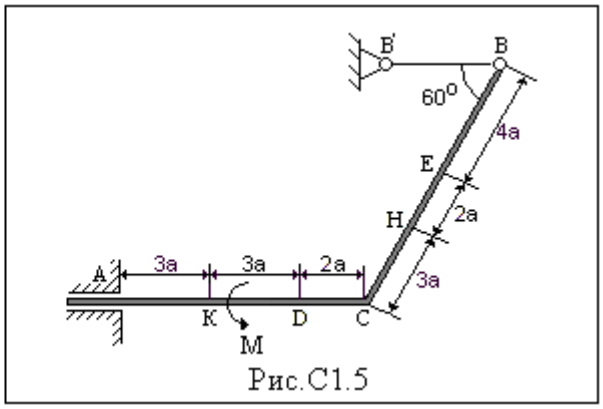


Рис.С1.5

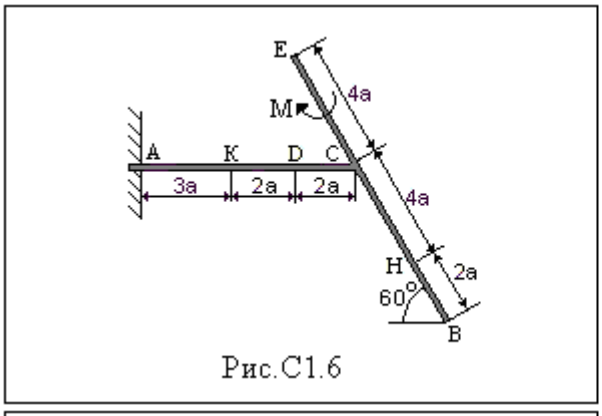


Рис.С1.6

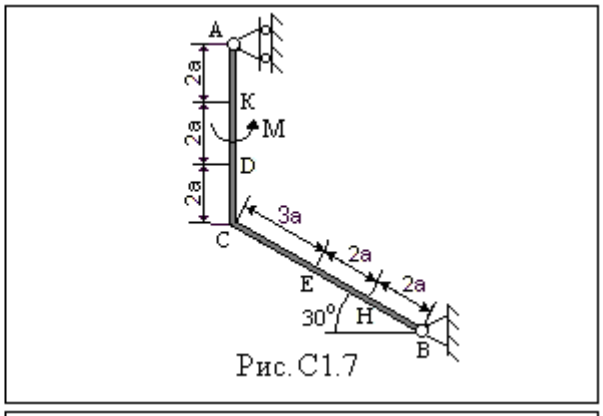


Рис.С1.7

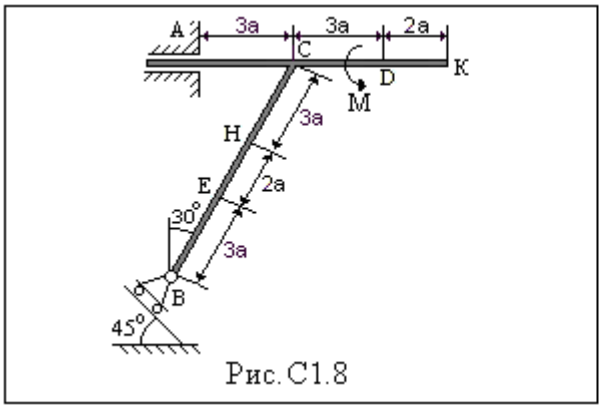


Рис.С1.8

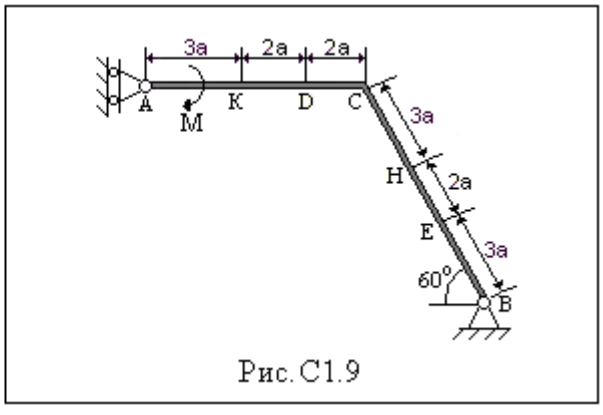


Рис.С1.9

Таблица С1

Действующие нагрузки

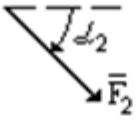
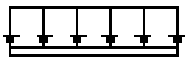
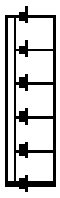
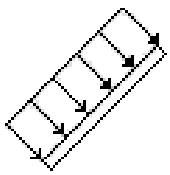
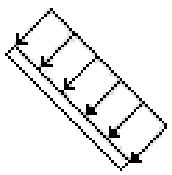
Сила									Нагруженный участок
	$F_1 = 10$кН		$F_2 = 20$кН		$F_3 = 30$кН		$F_4 = 40$кН		
Номер условия	Точка приложения	α_1 град	Точка приложения	α_2 град	Точка приложения	α_3 град	Точка приложения	α_4 град	
0	K	60	–	–	–	–	–	–	CE
1	–	–	–	–	–	–	D	45	BC
2	–	–	–	–	E	15	–	–	AK
3	–	–	D	75	–	–	–	–	CE
4	D	15	–	–	–	–	–	–	CB
5	–	–	H	60	–	–	–	–	AC
6	E	30	–	–	–	–	–	–	CK
7	–	–	–	–	H	30	–	–	AK
8	–	–	K	45	–	–	–	–	BE
9	–	–	–	–	–	–	K	75	BC

Таблица С1 А

Направление распределенной нагрузки

Участок на стержне			
горизонтальный	вертикальный	наклонный	наклонный
			

Указания. В задании *С1* рассматривается равновесие тела, находящегося под действием плоской произвольной системы сил. Составляя уравнения равновесия, следует учесть, что уравнение моментов сил будет более простым (содержать меньше неизвестных), если вычислять моменты относительно точки, в которой пересекаются линии действия двух неизвестных реакций связей. При вычислении моментов сил *F* и реакций *R* удобно разложить их на составляющие $\overline{F}_X$ и $\overline{F}_Y$ по осям координат XY, для которых плечи можно легко вычислить (эти составляющие могут быть, в частности, параллельны осям координат), и воспользоваться теоремой Вариньона, согласно которой

$$M_O(\overline{F}) = M_O(\overline{F}_X) + M_O(\overline{F}_Y).$$

Примеры решения задач по этой теме можно найти в литературе [1], [3], [6].

Пример выполнения задания С1

Задание С2. Определение положения центра тяжести конструкции

Две однородные прямоугольные пластины, приваренные под прямым углом друг к другу, образуют угольник. Размеры пластин в направлениях, параллельных координатным осям X, Y, Z, равны соответственно или 2ℓ, 3ℓ и ℓ на рис. С3.0 ÷ С3.4), или 2ℓ, 3ℓ и 4ℓ на рис. С3.5 ÷ С3.9. Силы тяжести большей и меньшей пластин на рис. С3.0 ÷ С3.4 соответственно равны 10 кН и 4 кН, для рис. С3.5 ÷ С3.9 силы тяжести пластин одинаковы и равны 8 кН. Каждая из пластин расположена параллельно одной из координатных плоскостей (плоскость XAY горизонтальна).

Из одной из пластин угольника вырезана фигура, расположение и вид которой указаны в таблице С2. Точки, обозначенные на рисунках, находятся по краям или в серединах сторон пластин.

Вычислить координаты центра тяжести угольника с вырезом для указанных на рисунках систем координат. При расчетах принять ℓ = 0,5 м. Толщиной пластин пренебречь.

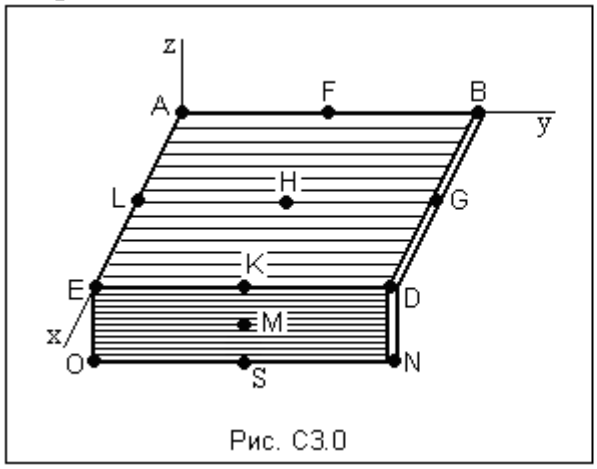


Рис. С3.0

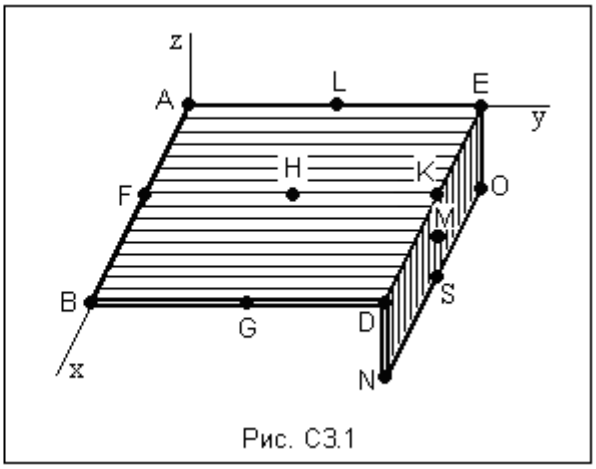


Рис. С3.1

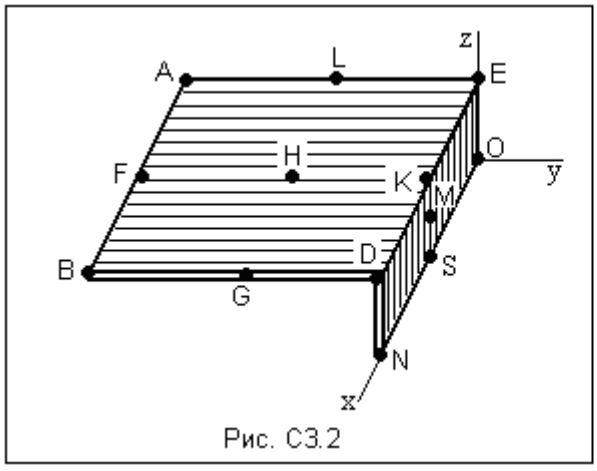


Рис. С3.2

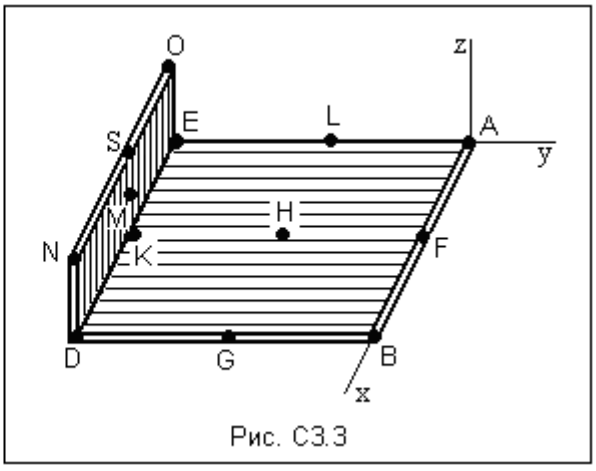


Рис. С3.3

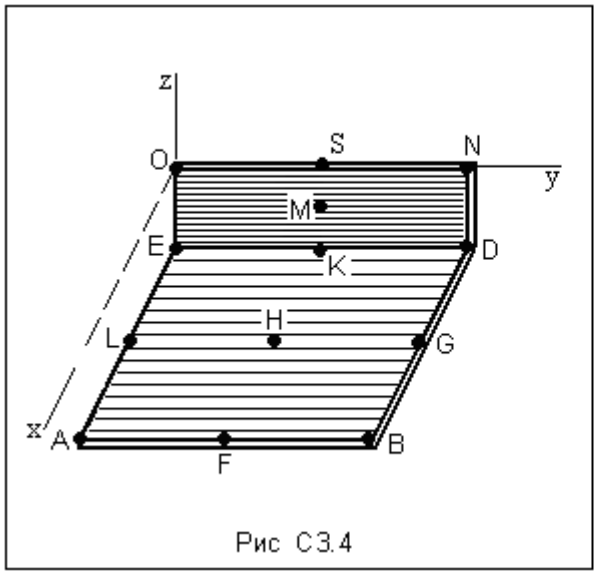


Рис С3.4

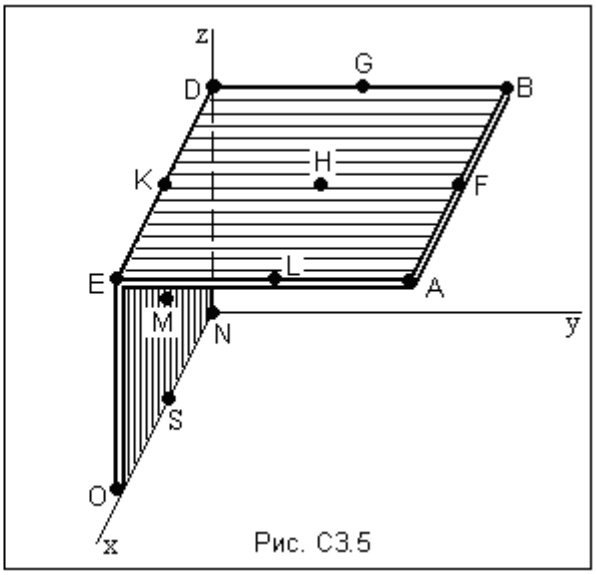


Рис. С3.5

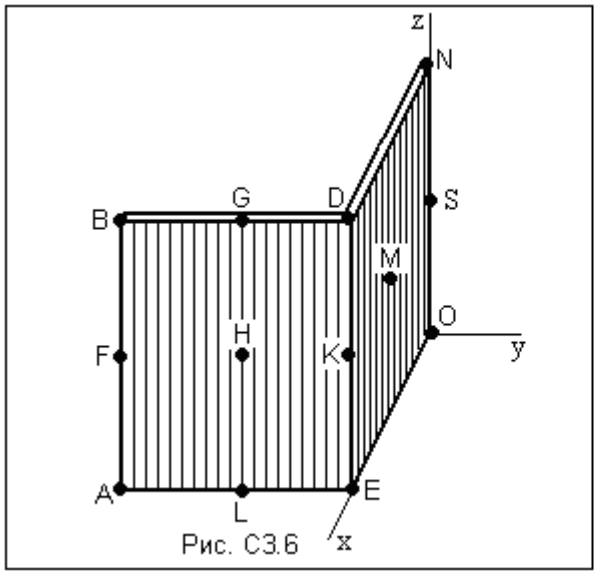


Рис. С3.6

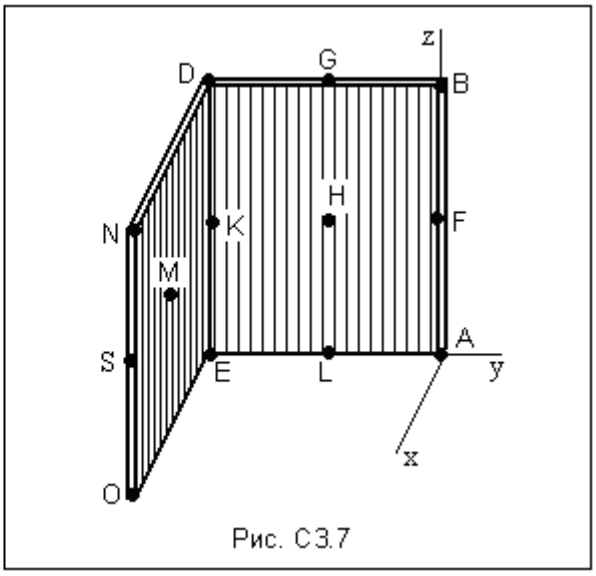


Рис. С3.7

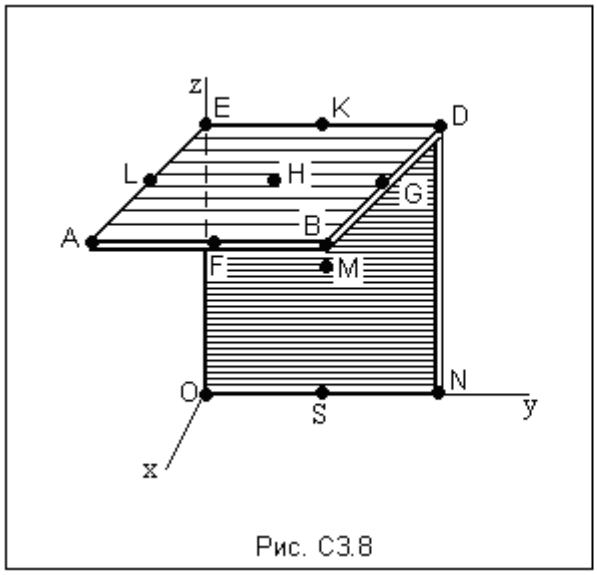


Рис. С3.8

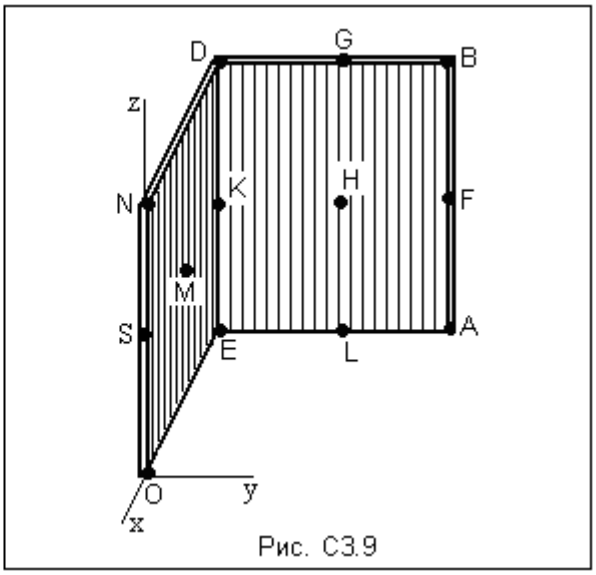
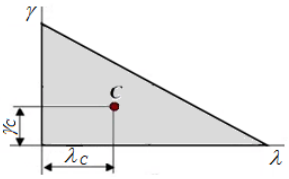
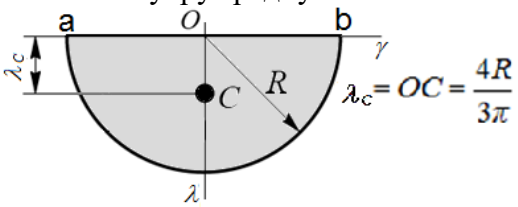


Рис. С3.9

Таблица С2

Вырезаемое тело / № варианта	Треугольник	Полукруг радиуса $R = \ell$	
			
		прямая *aOb* полукруга расположена вдоль стороны угольника	точка пластины, из которой начинается построение прямой *aOb* полукруга
0		BGD	B
1	ALF		
2	OMN		
3		ALE	A
4	AHE		
5	GDK		
6		NO	N
7		AFB	A
8	KLE		
9		AFB	B

Указания

Решение задач на определение центра тяжести фигуры состоящей из плоских тел рекомендуется проводить в следующем порядке:

− исследуемую конструкцию разбить на части, для которых положение центра тяжести известно или его можно легко определить, например, на простейшие геометрические фигуры, при этом считать, что вырезанные из конструкции части (фигуры) обладают отрицательной площадью;

− определить площадь каждой части конструкции;

− найти координаты центров тяжести частей конструкции в выбранной системе координат;

− найденные значения подставить в формулы:

$$x_C = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i}, \quad y_C = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}, \quad z_C = \frac{\sum A_i \cdot z_i}{\sum A_i},$$

где A_i − площади отдельных частей конструкции, x_i, y_i, z_i – координаты центра тяжести частей конструкции;

– произвести вычисления.

Пример выполнения задания С2

РГР № 2. КИНЕМАТИКА

Задание К1. Определение кинематических характеристик движения материальной точки

По заданным уравнениям движения точки $x = f_1(t)$, $y = f_2(t)$ *найти уравнение траектории ее движения, и для момента времени* $t_1 = 1$ с *вычислить ее скорость, нормальное, касательное и полное ускорения, а также радиус кривизны траектории. На рисунке в масштабе изобразить траекторию движения точки и для заданного момента времени* $t_1 = 1$ с *построить векторы скорости и ускорения.*

Уравнения движения точки $x = f_1(t)$ *указаны на соответствующих рисунках, а уравнения движения* $y = f_2(t)$ *приведены в табл. К1 (для рис. 0–2 – в столбце 2, для рис. 3−6 − в столбце 3, для рис. 7−9 – в столбце 4); величины x и y измеряются в* см, *время в секундах* (с).

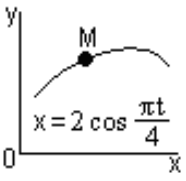


Рис. К1.0

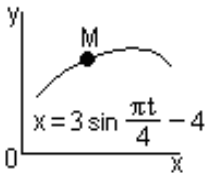


Рис. К1.1

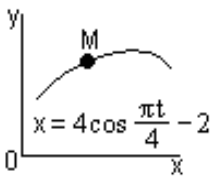


Рис. К1.2

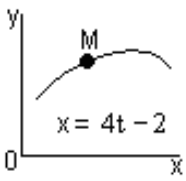


Рис. К1.3

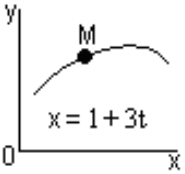


Рис. К1.4

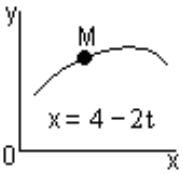


Рис. К1.5

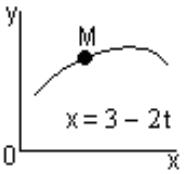


Рис. К1.6

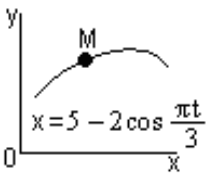


Рис. К1.7

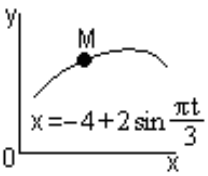


Рис. К1.8

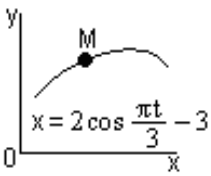


Рис. К1.9

Таблица К1

Уравнения движения точки $y = f_2(t)$

Номер условия	$y = f_2(t)$		
	рис. 0, 1, 2	рис. 3, 4, 5, 6	рис. 7, 8, 9
0	$3 - 4\cos^2\frac{\pi t}{4}$	$4t^2 - 2$	$2 - 3\cos^2\frac{\pi t}{3}$
1	$1 + 4\sin\frac{\pi t}{4}$	$1 + 3\sin^2\frac{\pi t}{6}$	$2\sin^2\frac{\pi t}{3} + 4$
2	$3\cos\frac{\pi t}{2}$	$5\cos\frac{\pi t}{3}$	$2t$
3	$-4\sin^2\frac{\pi t}{4}$	$\frac{3}{t}$	$2\cos\frac{2\pi t}{3}$

4	$4 - 3\cos\frac{\pi t}{2}$	$3 - 2t^2$	$4t - 3$
5	$3 - 2\sin\frac{\pi t}{4}$	$-1 + 3\sin\frac{\pi t}{6}$	$2\sin\frac{2\pi t}{3}$
6	$-2 + 3\cos\frac{\pi t}{4}$	$\frac{6}{t} - 3$	$4 - 3t$
7	$2\cos^2\frac{\pi t}{4} - 3$	$3 - 2\cos\frac{\pi t}{6}$	$3 - 4\sin^2\frac{\pi t}{6}$
8	$4\cos\frac{\pi t}{2} + 2$	$\frac{2}{t} + 2$	$3 + 2\cos^2\frac{\pi t}{6}$
9	$-3 + 2\cos\frac{\pi t}{2}$	$1 + 3t^2$	$-3 + 2\cos\frac{\pi t}{6}$

Указания. Перед выполнением задания К1 необходимо изучить темы:

−способы задания движения материальной точки;

−определение скорости и ускорения точки при различных способах задания движения,

а также познакомиться с порядком действий по определению уравнения траектории точки и кинематических характеристик ее движения.

При решении задания целесообразно придерживаться следующего порядка:

− по возможности исключить из уравнений движения точки время и получить уравнение траектории движения точки (если это не удается сделать, то перейти ко второму пункту);

− построить траекторию движения точки;

− по уравнениям движения точки найти ее координаты для заданного момента времени t_1, проекции скорости и ускорения на оси координат, показать на чертеже положение точки и построить в соответствующих масштабах векторы скорости и ускорения;

− определить касательное и нормальное ускорения точки в данный момент времени и показать на чертеже разложение вектора полного ускорения точки на указанные составляющие;

− определить по направлениям векторов скорости и касательного ускорения точки, является ли ее движение в данный момент времени ускоренным или замедленным;

− найти радиус кривизны в соответствующей точке траектории.

Примеры решения задач по этой теме можно найти в литературе [1], [4], [6].

Пример выполнения задания К1

Задание К2. Изучение кинематических характеристик движения твердых тел

Плоский механизм, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из стержней *1, 2, 3,* катка *4* и ползуна 5, соединённых между собой и с неподвижной опорой *O* шарнирами (рис. К2.0 ÷ К2.9). Качение катка *4* происходит без скольжения и отрыва от плоскости. Длины стержней l_1, l_2, l_3, радиус катка R_4 и другие необходимые для расчета размеры указаны на рисунках. В некоторый момент времени положение движущегося механизма определяется углами *α, β, γ, δ.* Значения этих углов, а также величина угловой скорости ведущего звена или линейная скорость одной из точек механизма указаны в табл. К2.

Для данного положения механизма определить величины, указанные в таблице в столбце «Найти».

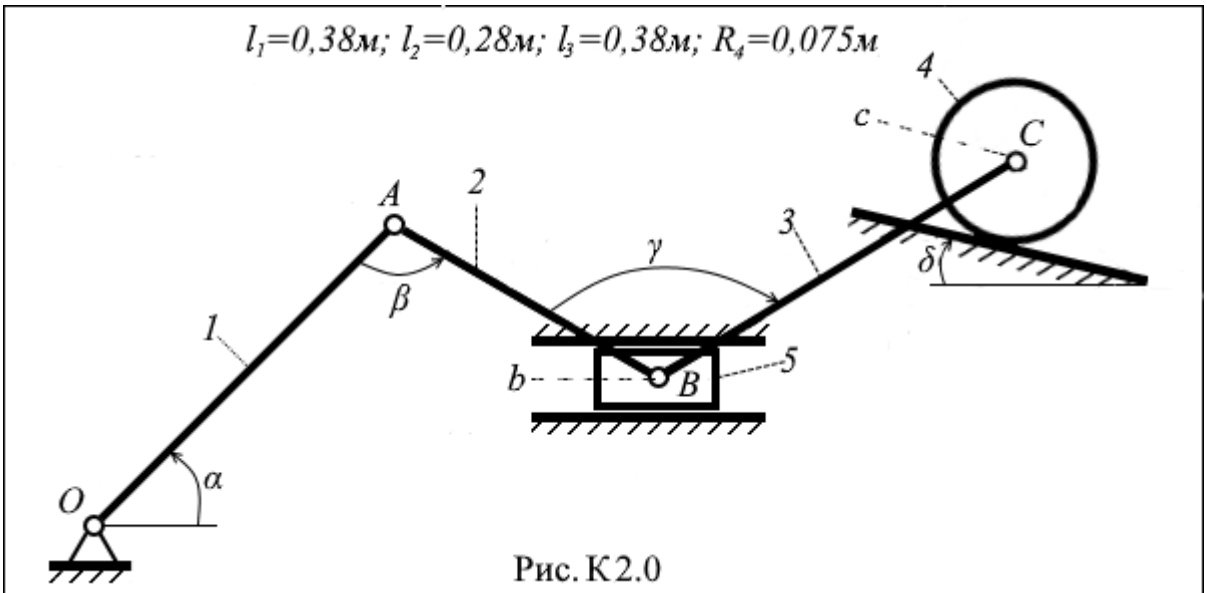


Рис. К2.0

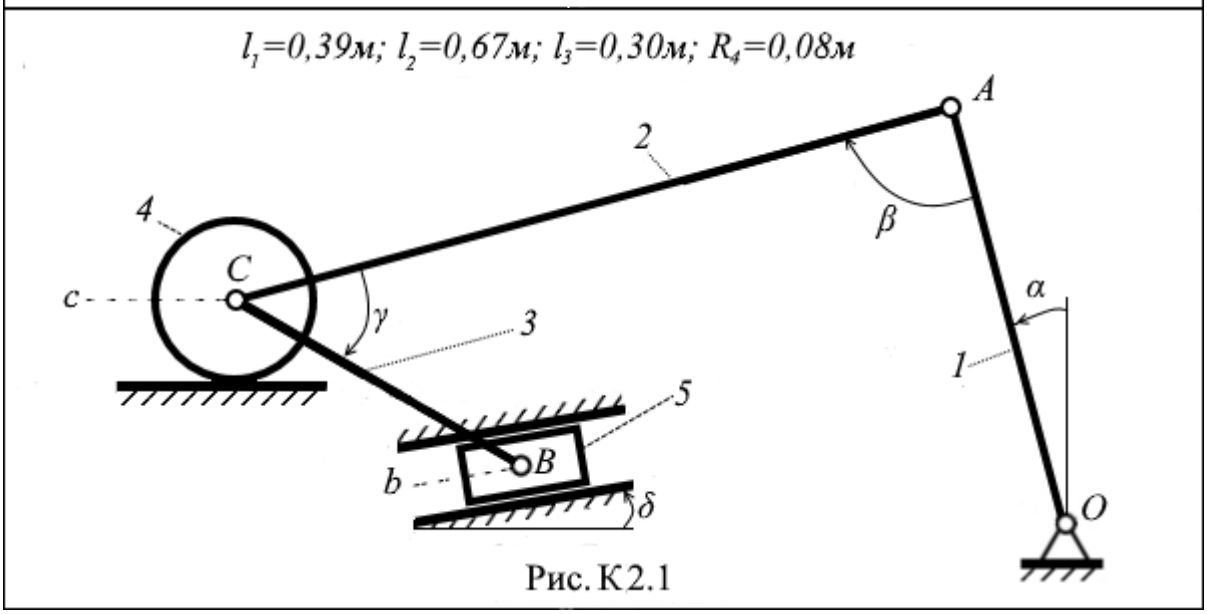


Рис. К2.1

$l_1=0,37м;\ l_2=0,53м;\ l_3=0,34м;\ R_4=0,075м;\ AD=0,28м$

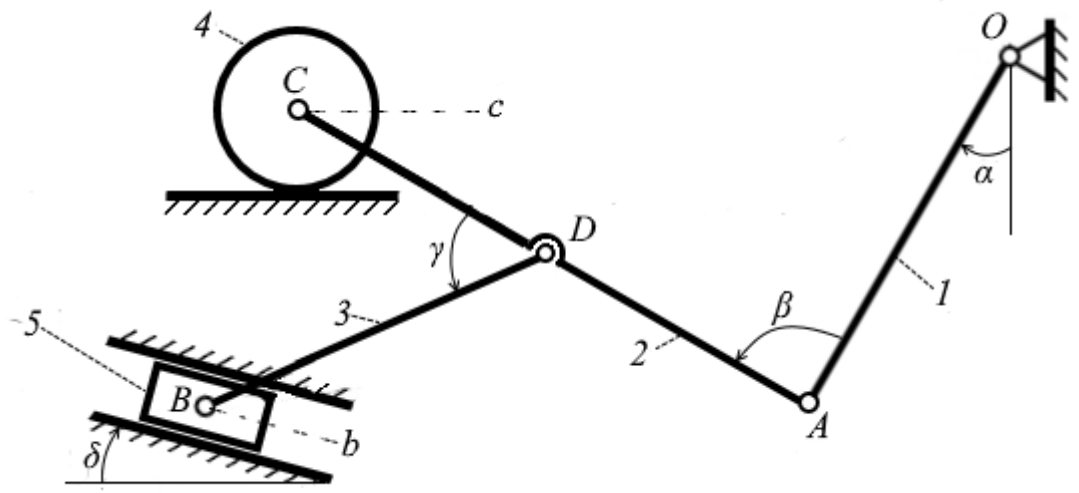


Рис. К2.2

$l_1=0,37м;\ l_2=0,26м;\ l_3=0,59м;\ R_4=0,10м$

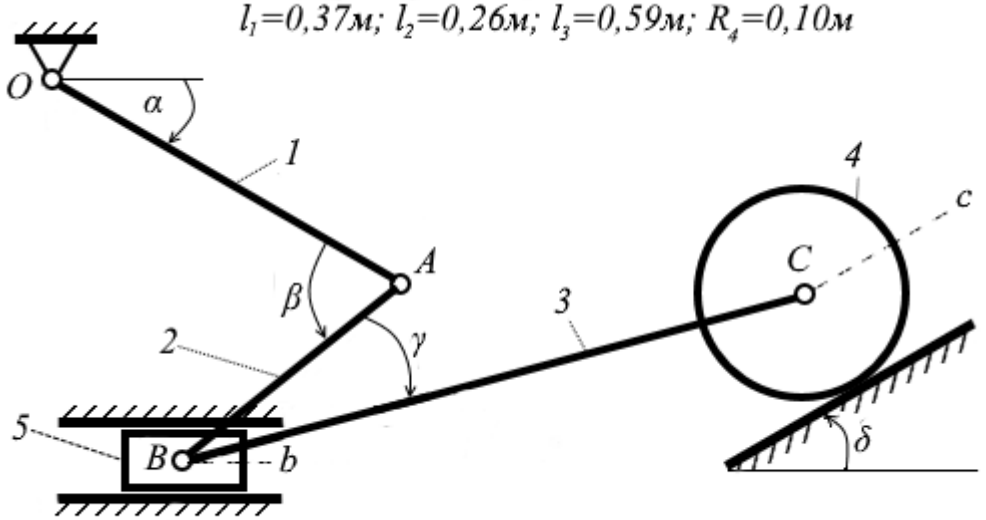


Рис. К2.3

$l_1=0,29м;\ l_2=0,78м;\ l_3=0,28м;\ R_4=0,08м;\ AC=0,47м$

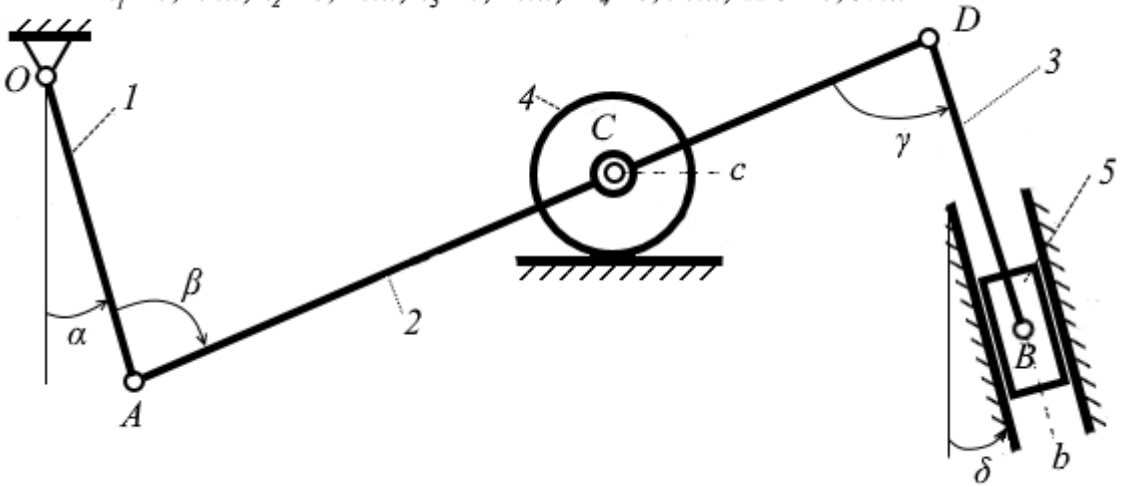


Рис. К2.4

$l_1=0,72$м; $l_2=0,18$м; $l_3=0,52$м; $R_4=0,07$м

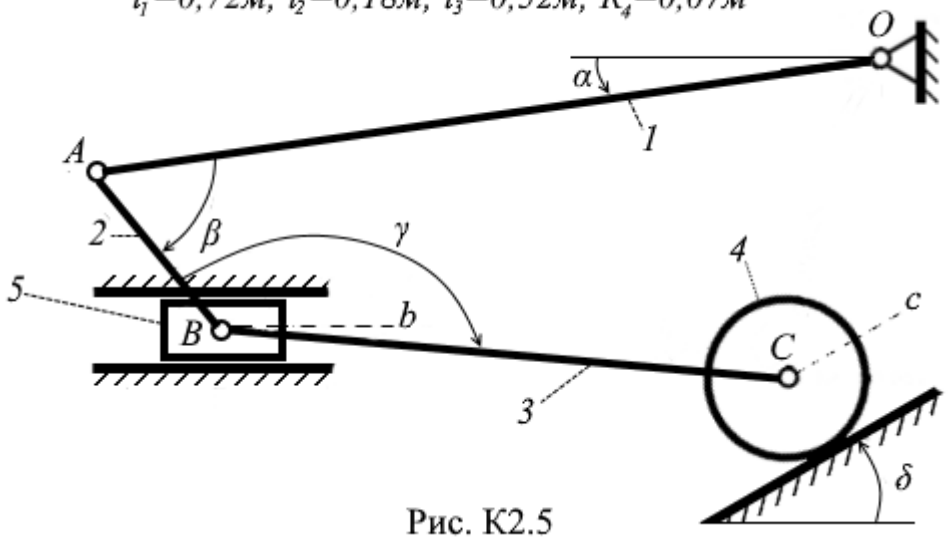


Рис. К2.5

$l_1=0,20$м; $l_2=0,88$м; $l_3=0,32$м; $R_4=0,075$м; $AC=0,26$м

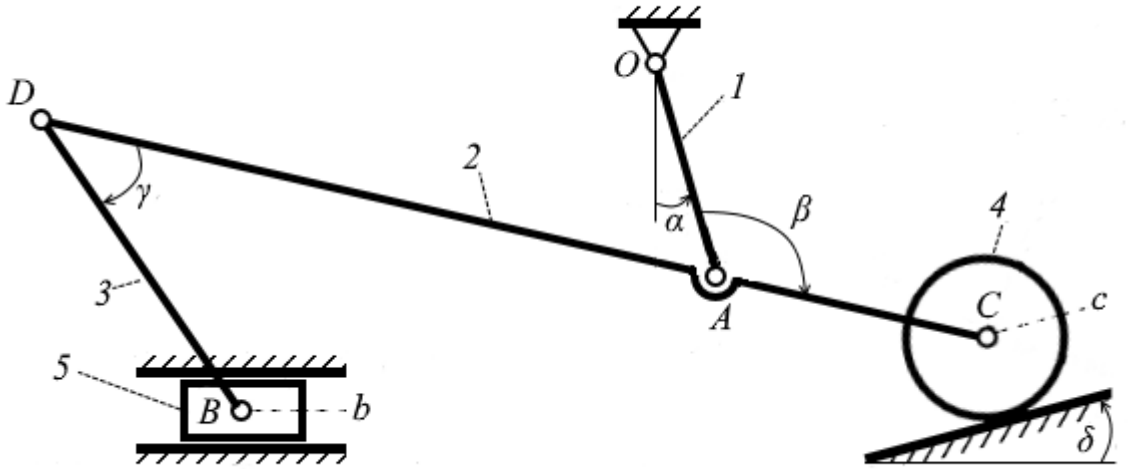


Рис. К2.6

$l_1=0,81$м; $l_2=0,29$м; $l_3=0,26$м; $R_4=0,08$м; $OA=0,53$м

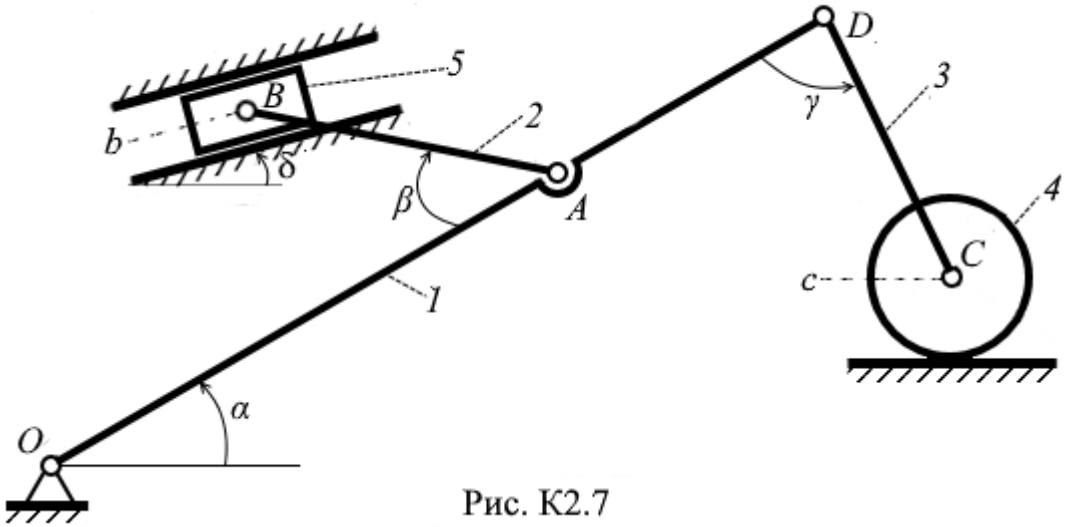


Рис. К2.7

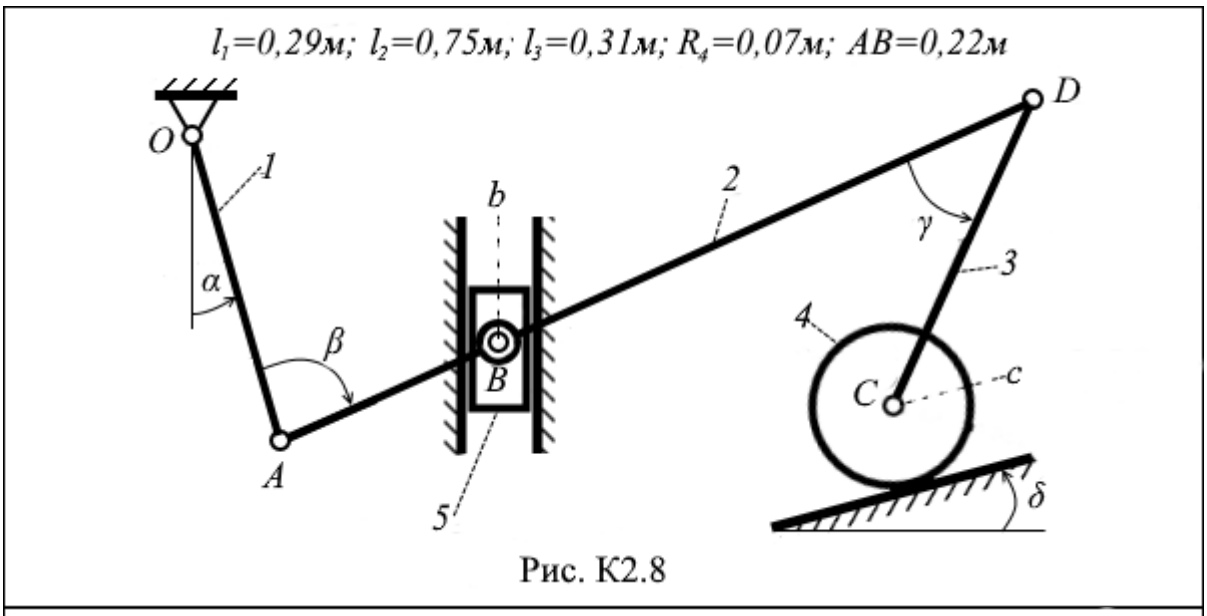


Рис. К2.8

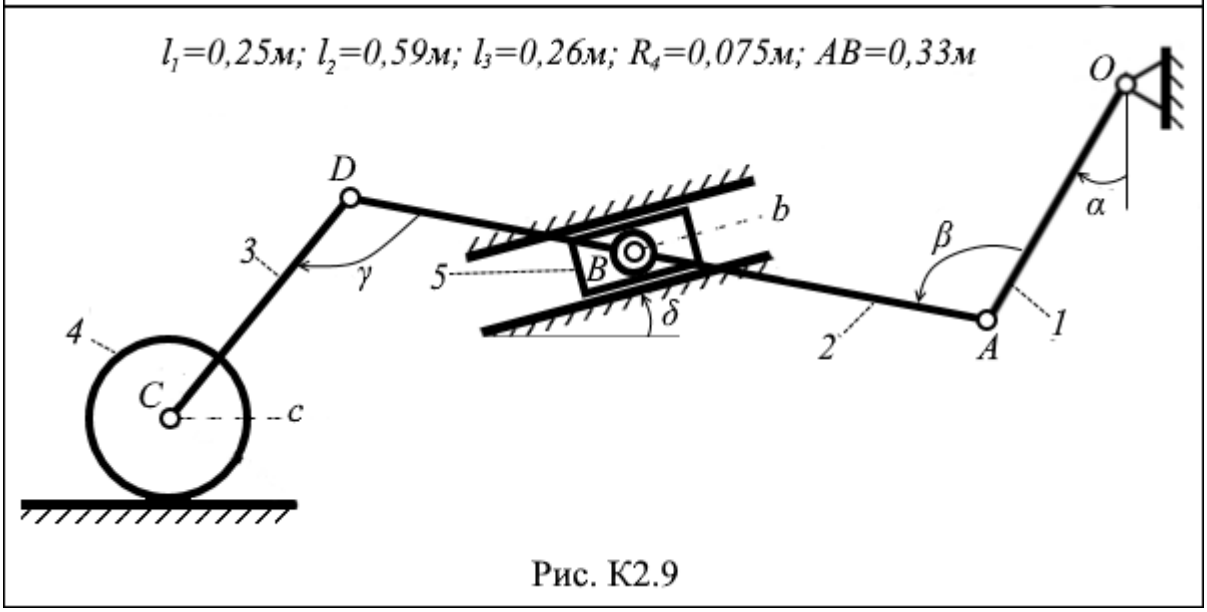


Рис. К2.9

Таблица К2

Номер условия	Углы в градусах				Дано			Найти
	α	β	γ	δ	ω_1, c^{-1}	V_B м/с	V_C м/с	
0	60	135	90	30	2	–	–	$\omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_B, V_C$
1	30	90	45	45	–	– 1	–	$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_C$
2	– 30	135	90	– 30	3	–	–	$\omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_B, V_C$
3	90	120	135	45	–	–	– 3	$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_B$
4	30	135	120	30	– 5	–	–	$\omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_B, V_C$
5	45	90	60	30	–	3	–	$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_C$
6	60	135	90	– 30	6	–	–	$\omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_B, V_C$
7	30	– 135	120	– 30	–	–	2	$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_B$
8	45	120	90	45	–	2	–	$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_C$
9	– 30	90	135	30	–	–	5	$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, V_A, V_B$

Рекомендации по построению схемы механизма

При построении схемы механизма на рисунке углы следует строить с помощью транспортира, а длины стержней откладывать, выбрав соответствующий масштаб (например, 1:10). Длины стержней нужно измерять между центрами концевых шарниров. (Результаты расчетов расстояний и углов в ходе решения потом можно будет проверить, проведя измерения на построенном рисунке.)

Построение рисунка следует начинать с построения стержня *1*, затем рисуется стержень *2*, потом – стержень *3*, затем к ним присоединяются ползун *5* с направляющими и каток *4* с плоскостью, по которой он катится.

Дуговые стрелки на рисунках показывают положительное направление отсчета углов. Если в таблице указано отрицательное значение угла, то его следует откладывать противоположно показанному на рисунке направлению.

Положительную угловую скорость тела следует показывать дуговой стрелкой, направленной против хода часовой стрелки, отрицательную – по ходу часовой стрелки. Положительные направления заданных линейных скоростей $\bar{V}_B$ и $\bar{V}_C$ точек B и C показаны пунктирными линиями от точки B к b и от точки C к c соответственно.

Указания. Задача К2 посвящена исследованию движения твёрдых тел. Составные части механизма – его звенья: стержни *1, 2, 3*, каток *4*, ползун *5* – это твердые тела, совершающие различные виды движения. Чтобы решить эту задачу нужно предварительно изучить темы: «Поступательное движение твердого тела», «Вращение тела вокруг неподвижной оси», «Плоскопараллельное движение твердого тела».

Дополнительные необходимые для решения построения и расчеты проводятся последовательно, начиная с тела, движение которого задано. При этом, переходя к следующему телу в механизме, следует определить вид его движения, и, используя соответствующие этому виду движения методы расчета и формулы, приступить к определению кинематических характеристик движения.

При рассмотрении движения тел совершающих плоскопараллельное движение для определения скоростей точек и угловых скоростей звеньев следует использовать понятие о мгновенном центре скоростей и применить методы и формулы, основанные на этом понятии. Для проверки расчетов линейных скоростей точек можно использовать теорему о проекциях скоростей двух точек тела на прямую, соединяющую эти точки.

Пример выполнения задания К2

Пример 1
(задана угловая скорость звена механизма)
Пример 2
(задана скорость одной из точек звена механизма)

РГР № 3. ДИНАМИКА

Задание Д1. Исследование движения материальной точки, находящейся под действием постоянных сил

Груз M массой m начинает движение из точки D с начальной скоростью v_0. Его движение происходит по наклонной плоскости длины ℓ, составляющей угол α с горизонтом вдоль линии AB наибольшего ската. Положение точки D задается величиной $AD = s_0$, вектор v_0 направлен параллельно прямой AB к точке B. При движении по плоскости на груз действует постоянная сила Q, направление которой задается углом γ, коэффициент трения скольжения между грузом и наклонной плоскостью равен $f = 0,1$. Через τ сек груз покидает плоскость или в точке A, или в точке B и, двигаясь далее в вертикальной плоскости под действием одной только силы тяжести, через T секунд после отделения от плоскости попадает в точку C. Все возможные варианты траекторий попадания груза в точку C показаны на рисунках.

Считая груз материальной точкой определить:

– в какой точке (A или B) произойдет отрыв груза от плоскости,

– время τ движения груза по наклонной плоскости,

– скорость груза в момент отрыва,

– координаты точки C приземления груза,

– время T движения груза в воздухе,

– скорость груза в точке падения.

Необходимые данные приведены в табл. Д1 и на рисунках.

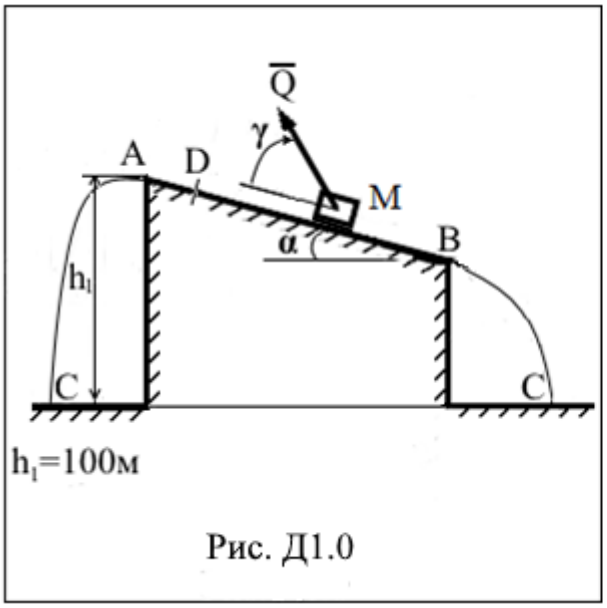


Рис. Д1.0

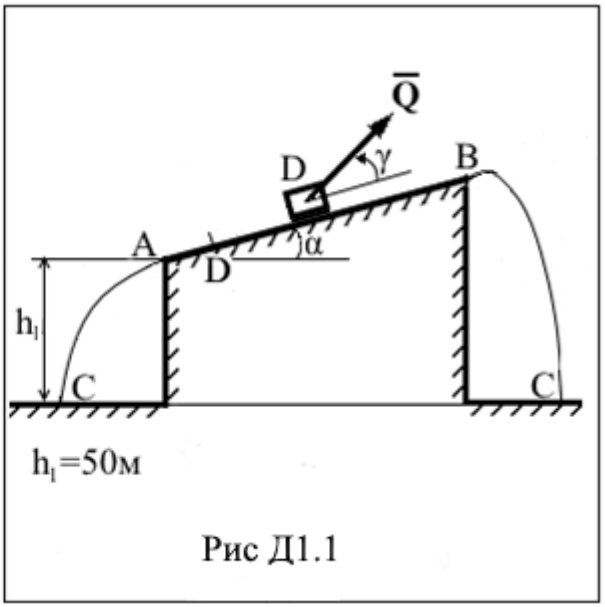


Рис Д1.1

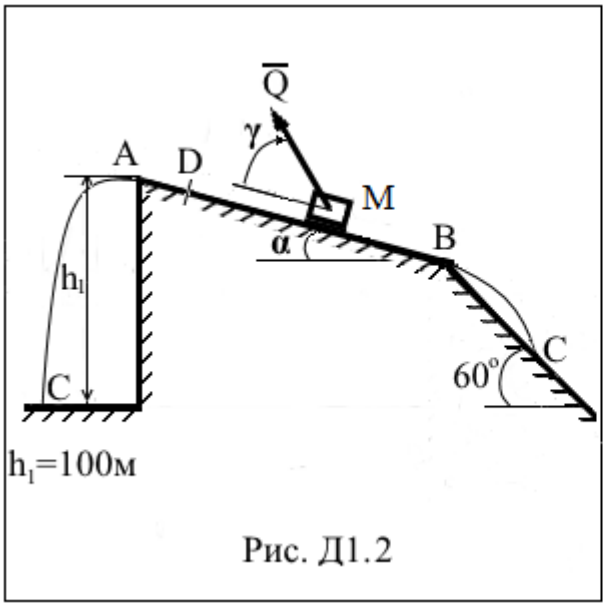


Рис. Д1.2

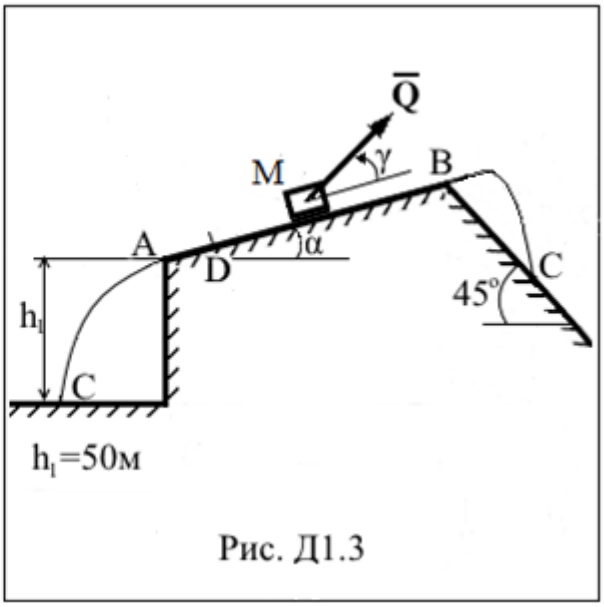


Рис. Д1.3

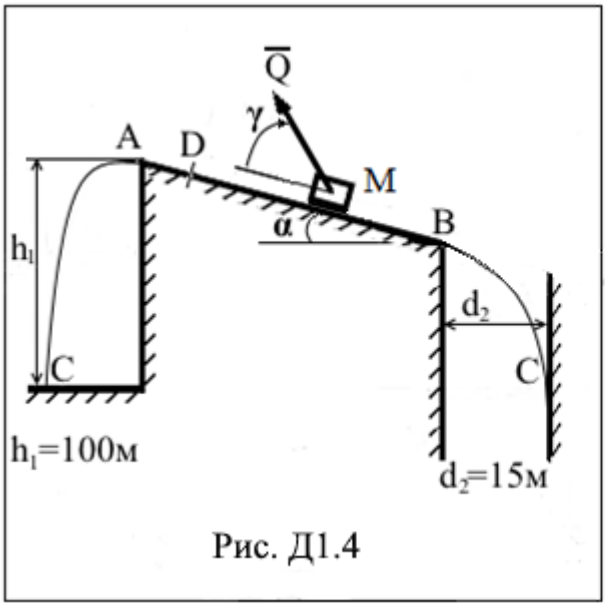


Рис. Д1.4

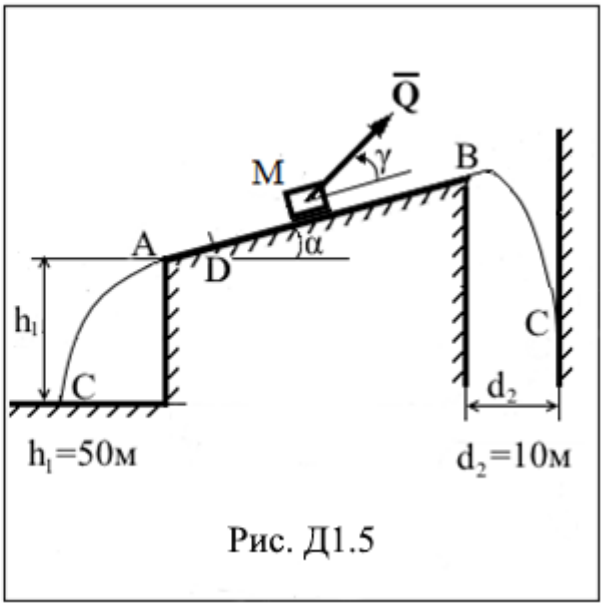


Рис. Д1.5

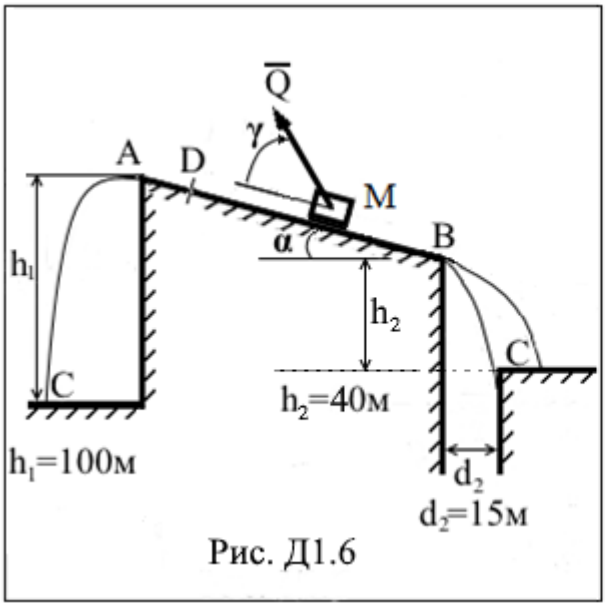


Рис. Д1.6

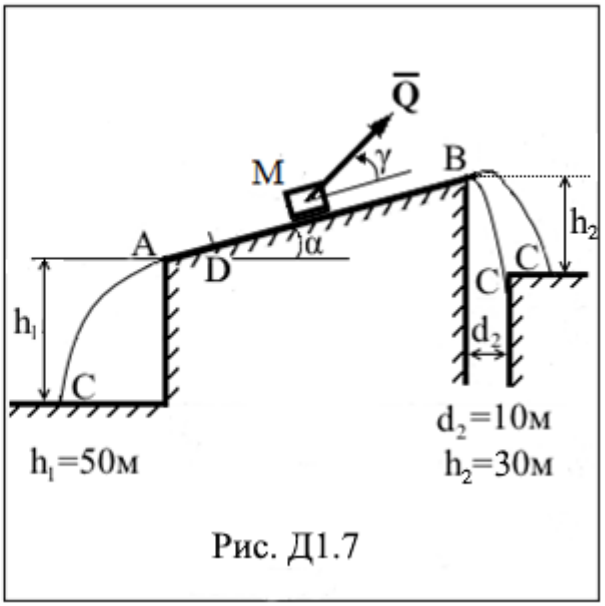


Рис. Д1.7

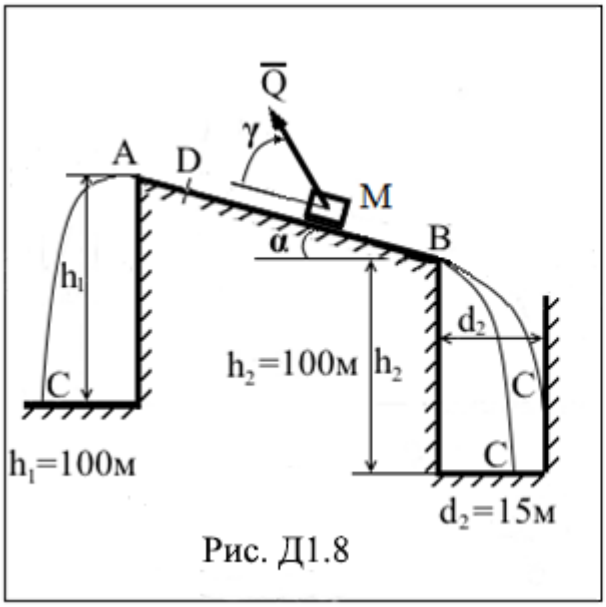


Рис. Д1.8

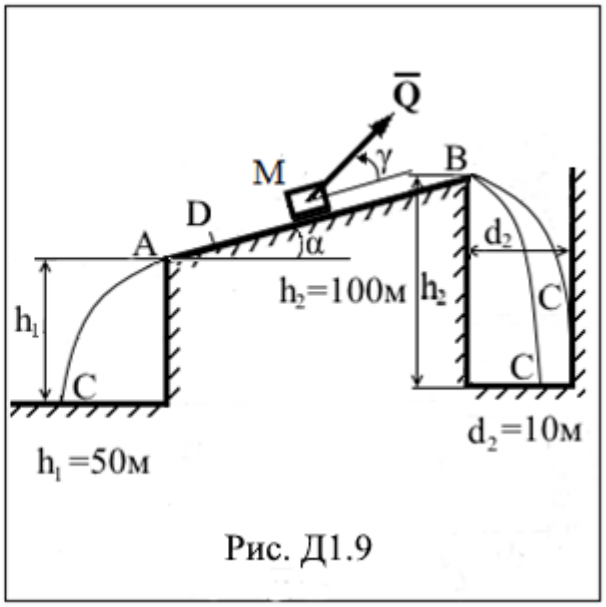


Рис. Д1.9

Таблица Д1

Номер условия	*l*, м	α, °	γ, °	m, кг	s_0, м	v_0, м/с	Q, Н
0	80	30	15	10	10	10	20
1	50	45	30	20	12	15	30
2	75	15	45	30	17	− 11	25
3	65	45	60	15	19	18	33
4	90	30	0	25	15	15	18
5	85	15	–45	35	14	− 12	20
6	75	30	–15	30	11	14	28
7	55	45	–60	25	13	17	32
8	60	30	–30	20	20	13	26
9	70	15	0	10	16	19	21

Указания. Задание Д1 – на интегрирование дифференциальных уравнений движения точки (решение обратной задачи динамики материальной точки). Решение задачи разбивается на две части. Сначала следует рассмотреть движение груза на участке *AB*, для чего составить и проинтегрировать дифференциальное уравнение движения точки. При этом необходимо определить, в какой из точек (А или В*)* груз оторвется от наклонной плоскости, и вычислить скорость отрыва. Затем следует рассмотреть криволинейное движение груза в зависимости от точки отрыва на участке ВС или АС, для чего составить и проинтегрировать дифференциальные уравнения движения точки в вертикальной плоскости. Полученные уравнения движения и уравнения скоростей используются для определения неизвестных характеристик криволинейного движения груза.
Примеры решения задач по этой теме можно найти в литературе [1], [5], [6].

Пример выполнения задания Д1

Задание Д3.

Механическая система состоит из ступенчатых шкивов, колес, блоков 1–5 и грузов 6–9 (рис. Д3.0 – Д3.9). На рисунках приняты обозначения: R_k – радиус внешней ступени шкива или радиус тела; r_k – радиус внутренней ступени шкива; ρ_k – радиус инерции тела относительно оси вращения. Для тел 1, 2 3 заданы радиусы инерции ρ_1, ρ_2, ρ_3 относительно оси вращения, масса тела 4 равномерно распределена по внешнему ободу, тело 5 считать однородным цилиндром. Тела системы соединены друг с другом гибкими невесомыми нерастяжимыми нитями, которые или перекинуты через блоки или намотаны на шкивы, участки нитей параллельны соответствующим плоскостям. Некоторые тела соединены ременными или фрикционными передачами. Радиусы тел и радиусы инерции указаны на рис. Д3.0–Д3.9. Массы тел приведены в табл. Д3. Прочерк в таблице означает, что тело отсутствует и изображать его не надо. Если масса тела равна нулю, то данное тело показывается на рисунке, но его массой при расчетах следует пренебречь.

В некоторый момент времени под действием сил тяжести система приходит в движение из состояния покоя. При скольжении по плоскостям на грузы действуют силы трения, коэффициент трения скольжения $f = 0{,}1$. Качение всех тел происходит без скольжения, при этом для случая качения тел по неподвижным плоскостям следует учитывать трение качения, коэффициент трения качения $\delta =$ 0,1 см. Трением в осях вращения пренебречь. Длины нитей и длины участков достаточны для того, чтобы тела при движении не сталкивались друг с другом.

Определить скорость груза, указанную в табл. Д3 в столбце «Найти», после того как этот груз переместится на расстояние $s = 10$ м. При этом нужно указать, в какую сторону этот груз движется.

Указания. Задача Д3 – на применение теоремы об изменении кинетической энергии системы. При решении задачи учесть, что кинетическая энергия T системы равна сумме кинетических энергий всех входящих в систему тел; эту энергию нужно выразить через ту скорость, которую в задании надо определить. При вычислении T для установления зависимости между скоростями точек тела, движущегося плоскопараллельно, или между его угловой скоростью и скоростью центра масс воспользоваться мгновенным центром скоростей. При вычислении работы сил надо все перемещения выразить через заданное перемещение s, учтя, что зависимость между перемещениями точек здесь будет такой же, как между соответствующими скоростями.

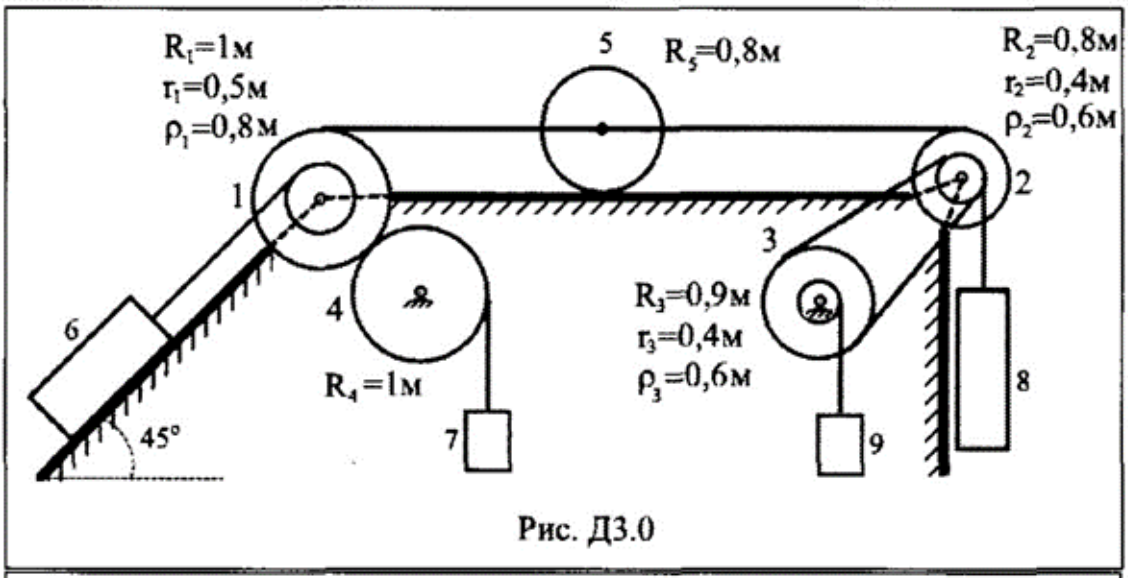


Рис. Д3.0

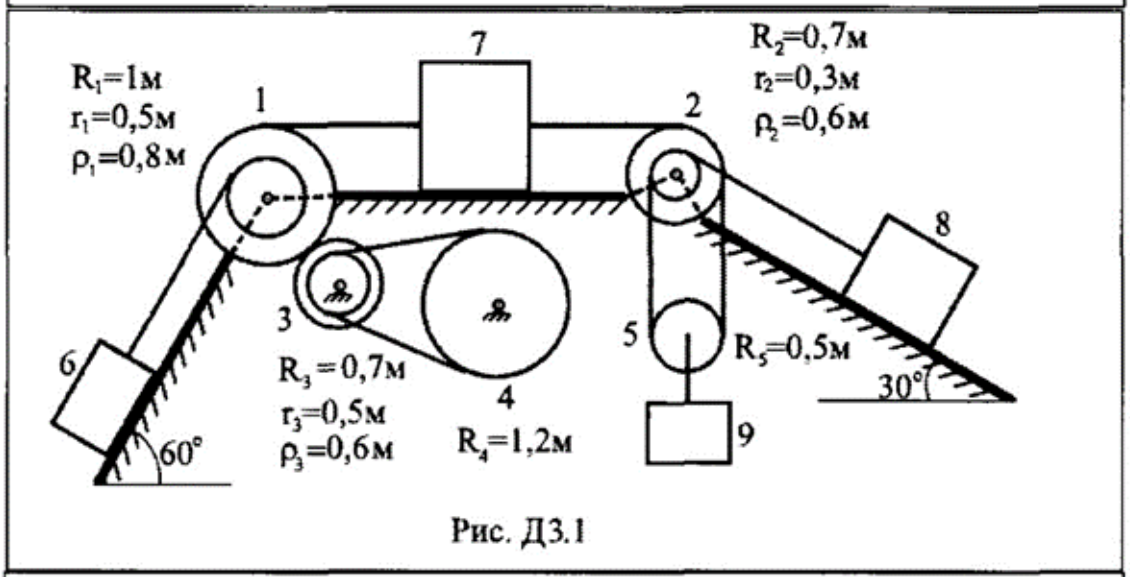


Рис. Д3.1

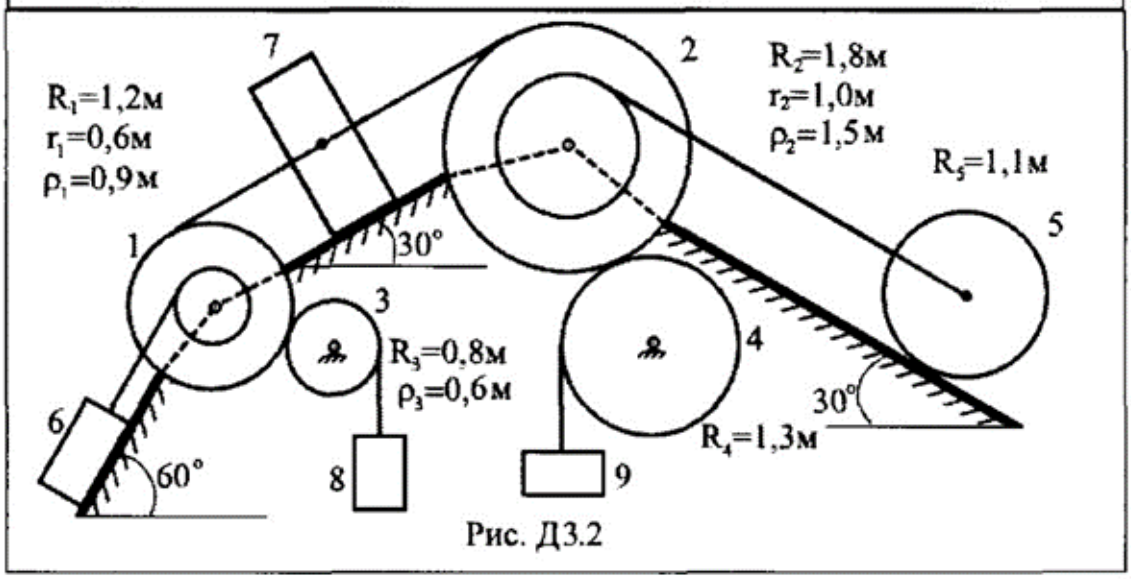


Рис. Д3.2

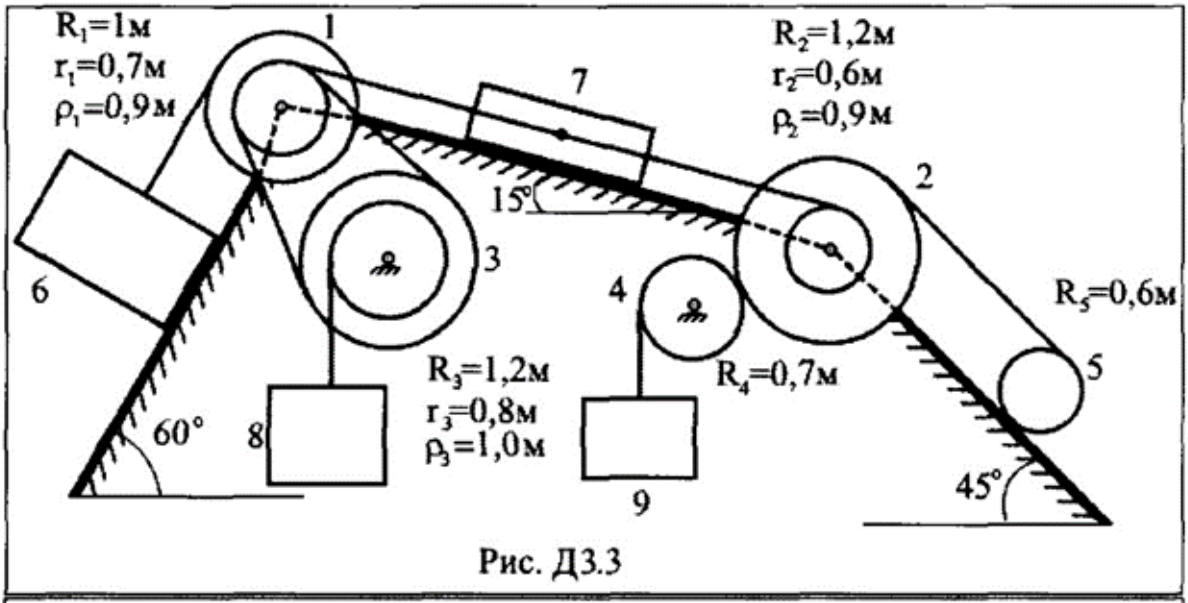


Рис. Д3.3

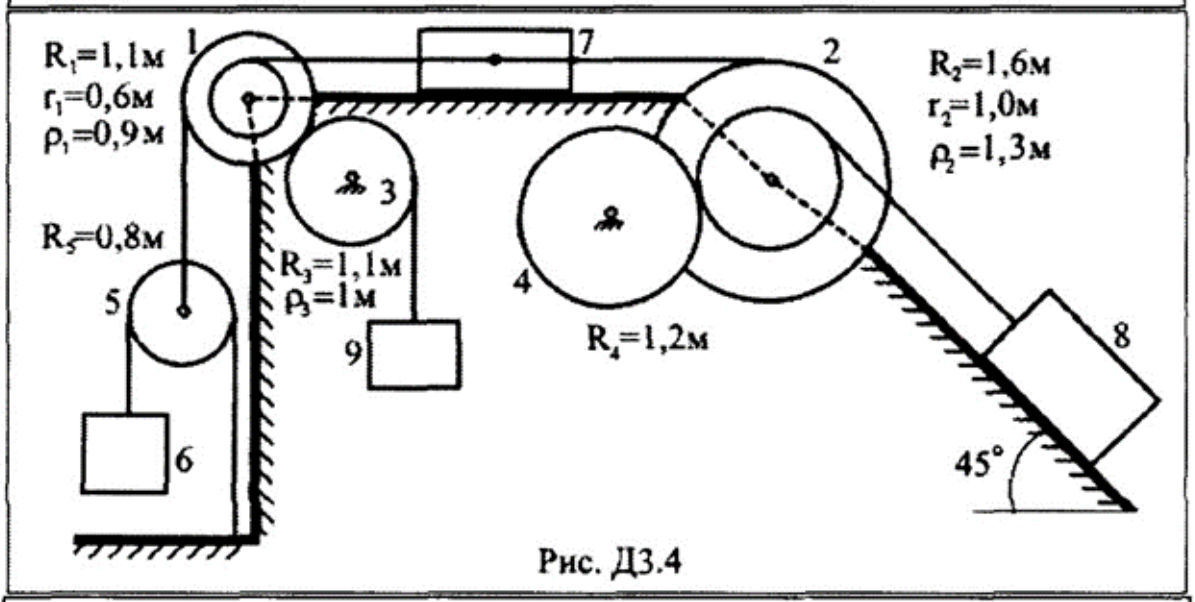


Рис. Д3.4

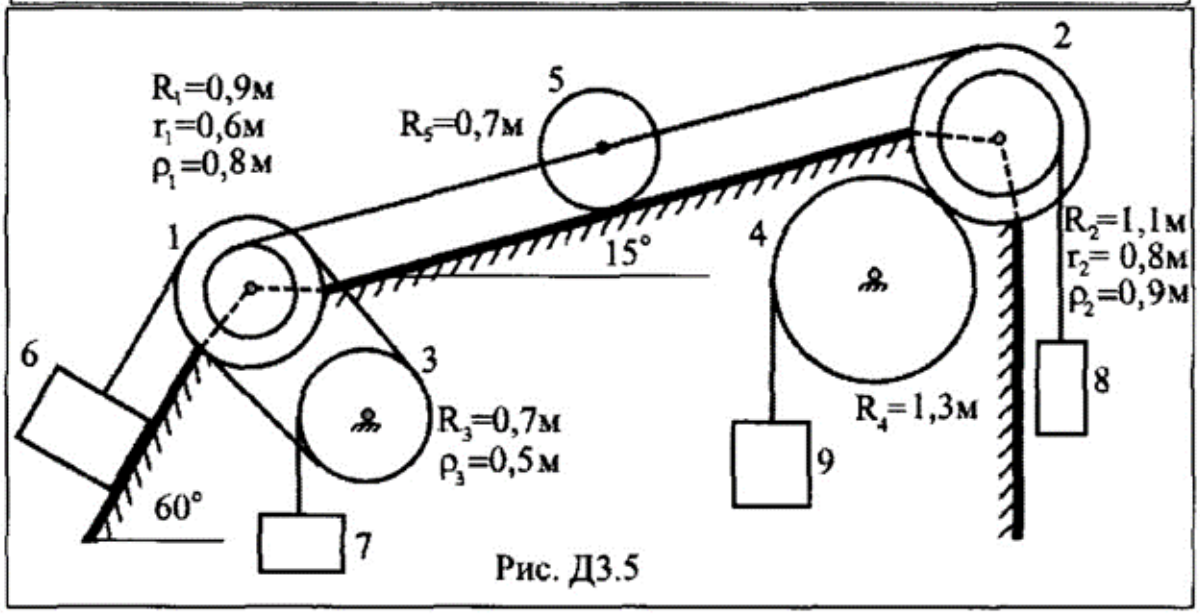


Рис. Д3.5

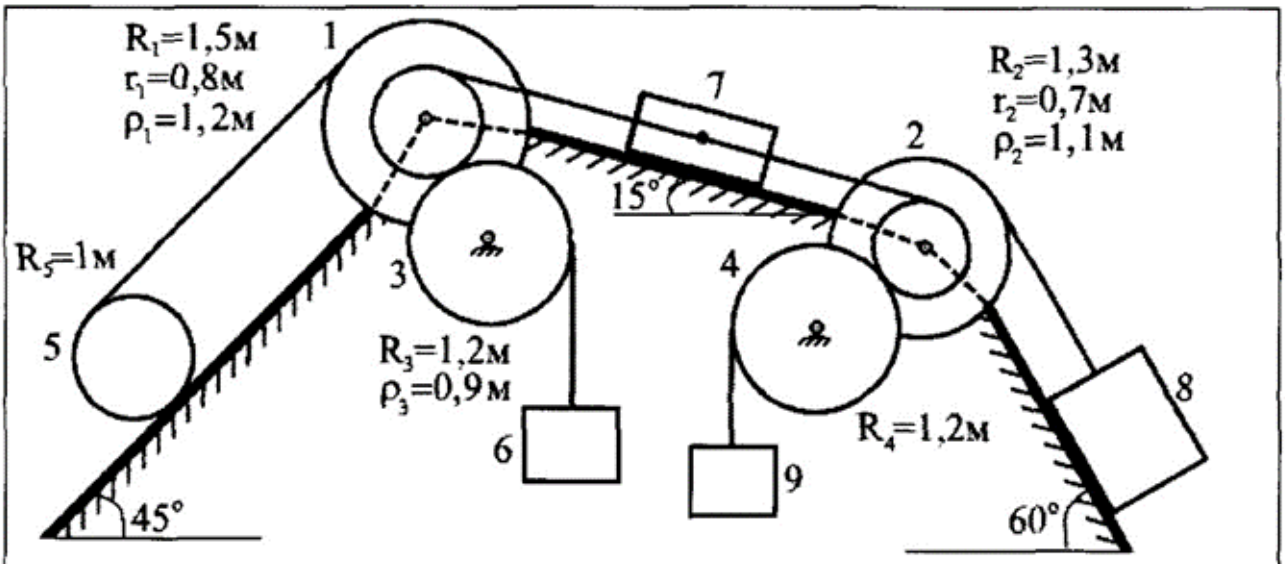


Рис. Д3.6

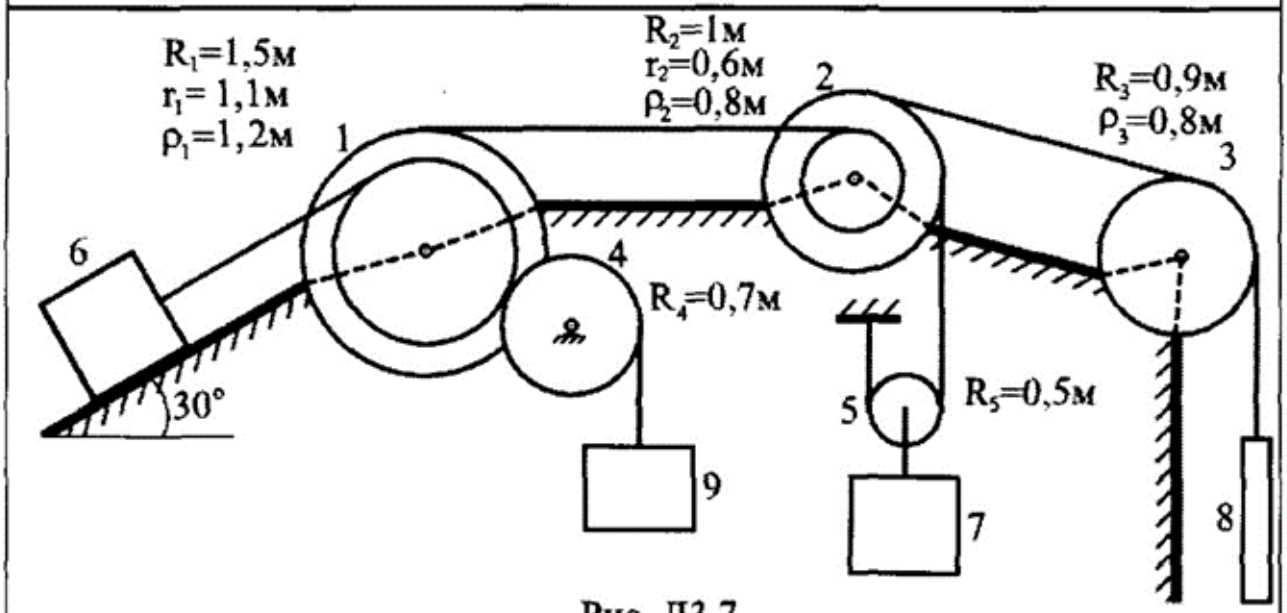


Рис. Д3.7

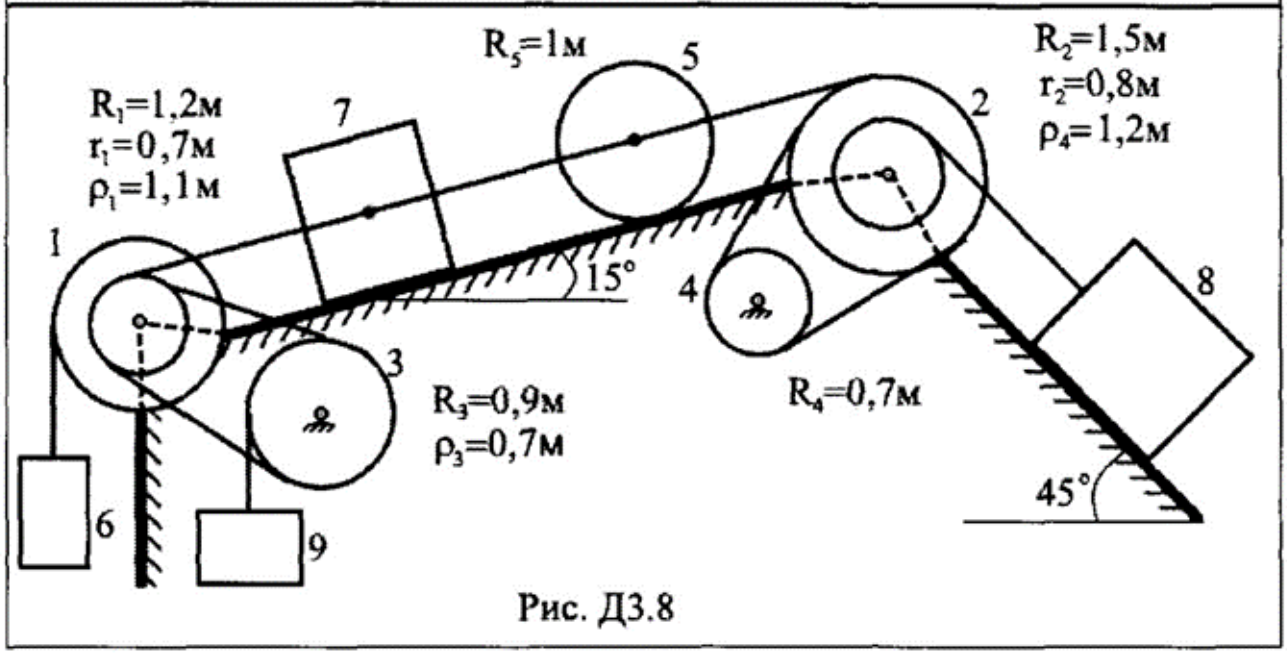


Рис. Д3.8

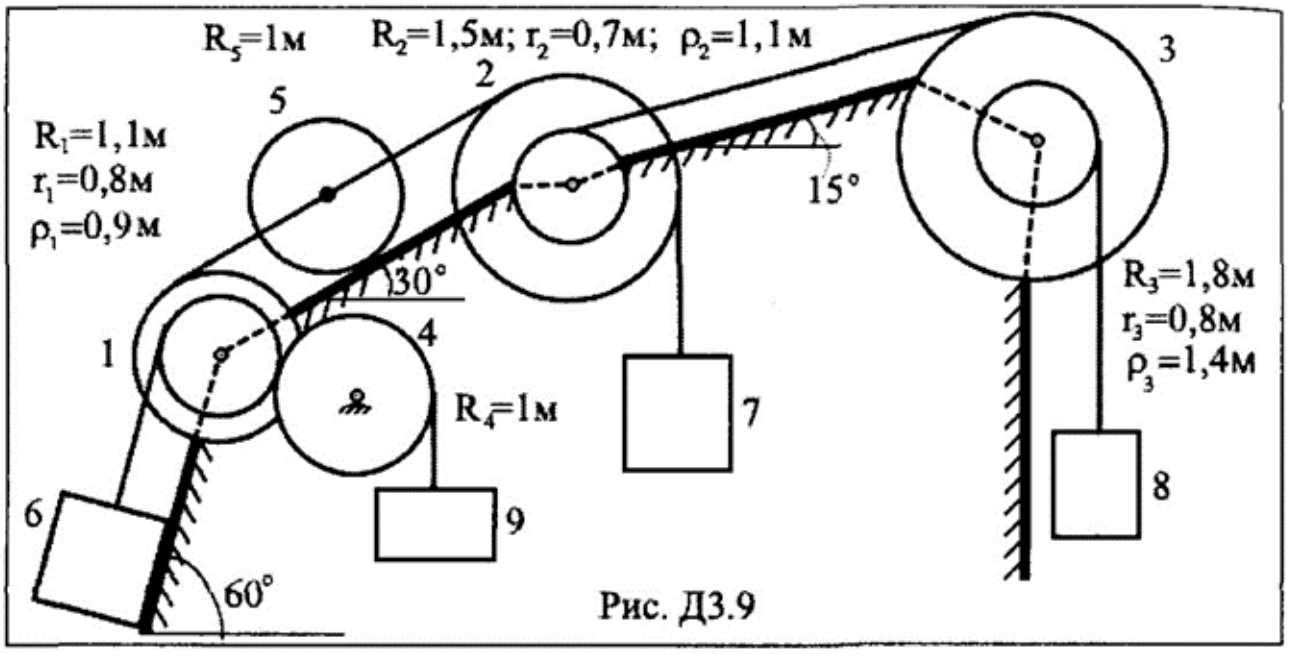


Рис. Д3.9

Таблица Д3

Номер условия	m_1, кг	m_2, кг	m_3, кг	m_4, кг	m_5, кг	m_6, кг	m_7, кг	m_8, кг	m_9, кг	Найти
0	120	0	0	0	300	200	–	–	120	V_9
1	0	150	0	0	120	300	–	90	–	V_6
2	100	0	120	0	140	400	120	–	–	V_7
3	0	0	0	300	150	–	–	130	80	V_8
4	0	0	130	0	200	150	–	100	–	V_6
5	120	0	0	0	300	–	200	120	–	V_8
6	0	200	0	0	150	–	80	–	120	V_7
7	0	0	0	90	120	–	150	200	–	V_8
8	80	0	0	0	250	150	–	150	–	V_6
9	0	100	0	0	100	120	–	–	200	V_9

Пример выполнения задания Д3

Литература

1. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т.I и II. − М. : Наука, 1984.
2. Королёв Ю.В. Теоретическая механика. Курс лекций. − Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2006.
3. Королев Ю.В. Теоретическая механика. Учимся решать задачи : учебное пособие для самостоятельной работы. Ч. 1 : Статика, 2015. - 108 с.
4. Королев Ю.В. Теоретическая механика. Учимся решать задачи : учебное пособие для самостоятельной работы. Ч. 2 : Кинематика, 2015. - 107 с.
5. Королев Ю.В. Теоретическая механика. Учимся решать задачи : учебное пособие для самостоятельной работы. Ч. 3 : Динамика материальной точки, 2016. - 134 с.
6. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике : учебное пособие для втузов / А. А. Яблонский [и др.]; под общ. ред. А. А. Яблонского, 2010. - 385 с.
7. Тарг С. М. Краткий курс теоретический механики. – М. : Высшая школа, 2009.

Приложение А

Форма задания на расчетно-графическую работу

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Задание на расчетно-графическую работу

По курсу_____

Студенту_____

Тема расчетно-графической работы _____

Исходные данные:
вариант №_____методических указаний по выполнению расчетно-графических работ, сост. В.Л. Лапшин. Иркутск : ИРНИТУ, 2020.
_____

Рекомендуемая литература:

1. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики [у] : в 2 т.: учебное пособие для вузов по техническим специальностям. - (Учебники для вузов. Специальная литература). Т. 1 : Статика и кинематика. Т. 2. Динамика, 2008. - 729 с.
2. Королев Ю. В. Теоретическая механика : учеб. пособие / Ю. В. Королев, 2006. - 207 с.
3. Королёв Ю.В. Теоретическая механика. Учимся решать задачи. Ч. 1. Статика: учеб. пособие для самостоятельной работы / Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 109 с.
4. Королёв Ю.В. Теоретическая механика. Учимся решать задачи. Ч. 2. Кинематика: учеб. пособие для самостоятельной работы / Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 107 с.
5. Королев Ю.В. Теоретическая механика. Учимся решать задачи : учебное пособие для самостоятельной работы. Ч. 3 : Динамика материальной точки, 2016. - 134 с.
6. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учебное пособие для втузов под ред. А.А. Яблонского. – М. Интеграл-Пресс, 2008.
7. Тарг С.М. Краткий курс теоретический механики. – М.: Высшая школа, 2009.
8. СТО ИРНИТУ − 005 − 2015.

Дата выдачи задания «___»_____20___ г.

Дата представления расчетно-графической работы «___»_____20___ г.

Руководитель работы _____ _____
подпись И.О.Фамилия

Задание на расчетно-графическую работу получил

_____ _____ «___»_____20___ г.
подпись И.О.Фамилия студента

Приложение Б

Титульный лист пояснительной записки расчетно-графических работ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт Архитектуры, строительства и дизайна

Кафедра механики и сопротивления материалов

Допускаю к защите_____
подпись
Руководитель_____
И.О.Фамилия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к расчетно-графической работе по теоретической механике

_____РГР № « »_____
Вариант №

Выполнил студент группы_____ _____
шифр группы подпись И.О.Фамилия

Нормоконтроль _____ _____
подпись И.О.Фамилия

Расчетно-графическая работа защищена с оценкой_____

Иркутск 20___ г.