

Учебное издание

Гайфутдинов Айдар Наилович

кандидат физико-математических наук, доцент

Садыков Айдар Вагизович

кандидат технических наук, доцент

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*Методические указания и контрольные задания
для студентов заочного отделения*

Корректор Габдурахимова Т.М.

Худ. Редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор

Подписано в печать

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3 Тираж 100

Заказ №

НХТИ (филиал) ФБГОУ ВПО «КНИТУ», г. Нижнекамск,
423570, ул. 30 лет Победы, д. 5а



Министерство образования и науки РФ

Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образователь-
ного
учреждения высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

А.Н. Гайфутдинов, А.В. Садыков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИ- КА

*Методические указания и контрольные задания
для студентов заочного отделения*

НИЖНЕКАМСК
2012

УДК 531.1

Составители: доц. А.Н. Гайфутдинов,
доц. А.В. Садыков

Теоретическая механика: методические указания и контрольные задания для студентов заочного отделения / А.Н. Гайфутдинов, А.В. Садыков. – Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КНИТУ, 2012. - 48 с.

Составлены в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования подготовки бакалавров по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника», учебным планом и рабочей программой по дисциплине.

Пособие содержит программу курса "Теоретическая механика", общие рекомендации по работе над курсом, методические указания и контрольные задания.

Предназначены для студентов заочного отделения, обучающихся по профилям подготовки бакалавров "Электропривод и автоматика" и "Электроснабжение".

Подготовлены на кафедре «Машины и аппараты химических производств» НХТИ (филиала) КНИТУ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) КНИТУ.

Рецензенты: к. т. н., доц. А.М. Абдуллин
к. п. н., доц. Т.Г. Макусева

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ НАД КУРСОМ "ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА"	4
♦ Самостоятельная работа с книгой	5
♦ Самопроверка	6
♦ Выполнение упражнений и решение задач	7
♦ Контрольные задания	7
♦ Консультации	8
♦ Практические занятия	8
♦ Лекции	8
♦ Зачет	8
♦ Экзамен	8
ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ "ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА"	9
1. Учебный план по дисциплине	9
2. Самостоятельное изучение материала	9
♦ Введение	9
♦ Раздел 1. СТАТИКА	10
♦ Раздел 2. КИНЕМАТИКА	10
♦ Раздел 3. ДИНАМИКА	10

3. Содержание обзорных лекций	.	.	.
11			
4. Содержание практических занятий	.	.	.
11			
5. Литература	.	.	.
12			

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА
"ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА"**

13	.	.	.
♦ Раздел 1. СТАТИКА	.	.	.
13			
♦ Раздел 2. КИНЕМАТИКА	.	.	.
14			
♦ Раздел 3. ДИНАМИКА	.	.	.
15			

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

16	.	.	.
Правила выполнения и оформления контрольных заданий	.	.	.
16			
ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНЫМ ЗАДАНИЯМ	.	.	.
19			
♦ Раздел 1. СТАТИКА	.	.	.
19			
♦ Раздел 2. КИНЕМАТИКА	.	.	.
26			
♦ Раздел 3. ДИНАМИКА	.	.	.
35			

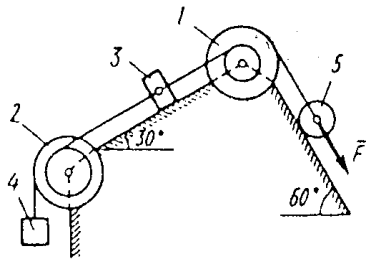


Рис. Д4.8

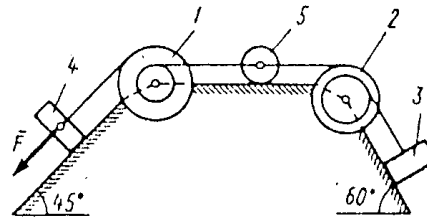


Рис. Д4.9

Таблица Д4

Номер условия	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	M_1	M_2	F	Найти
0	$12 P$	0	P	0	$3 P$	$0,2 PR$	0	$8 P$	a_3
1	0	$10 P$	0	$4 P$	$2 P$	0	$0,3 PR$	$6 P$	ε_2
2	$10 P$	0	0	$2 P$	P	$0,3 PR$	0	$4 P$	ε_1
3	0	$12 P$	$2 P$	0	$3 P$	0	$0,2 PR$	$10 P$	a_3
4	$8 P$	$10 P$	0	0	$2 P$	0	$0,3 PR$	$5 P$	a_{C_5}
5	$12 P$	0	$2 P$	0	P	0	$0,4 PR$	$8 P$	ε_1
6	0	$12 P$	0	$3 P$	$4 P$	$0,2 PR$	0	$6 P$	a_4
7	$10 P$	$8 P$	0	0	$2 P$	$0,3 PR$	0	$5 P$	ε_2
8	$12 P$	0	0	$5 P$	$4 P$	0	$0,2 PR$	$6 P$	a_4
9	0	0	$2 P$	0	$3 P$	$0,2 PR$	0	$10 P$	a_{C_5}

ПРЕДИСЛОВИЕ

Теоретическая механика является одной из важнейших физико-математических дисциплин и играет существенную роль в формировании инженерного мышления специалистов.

Основные законы и принципы теоретической механики отражают в себе основные свойства и закономерности реальных конструкций и их элементов. Поэтому на них базируются теоретические положения и практические рекомендации многих общинженерных дисциплин, таких, как сопротивление материалов, строительная механика, гидравлика, теория механизмов и машин, детали машин и др.

На основе положений теоретической механики решены многие практически важные инженерные задачи и осуществлено проектирование новых машин, конструкций и сооружений.

Курс теоретической механики включает в себя, как неразрывные части, три раздела: статику, кинематику и динамику. Хорошее усвоение данного курса предполагает глубокое изучение теории и приобретение твердых навыков в решении задач. Для этого необходимо самостоятельно решить большое количество задач по всем разделам изучаемого курса и выполнить ряд специальных заданий.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ НАД КУРСОМ "ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА"

Для освоения материала курса необходимо иметь соответствующую математическую подготовку, так как, например, в разделе статика широко используются элементы векторной алгебры, а при изучении разделов кинематика и динамика необходимо владеть элементами аналитической геометрии, уметь дифференцировать векторы, вычислять их проекции на координатные оси, находить геометрически (построением векторного треугольника или многоугольника) и аналитически (по проекциям на координатные оси) сумму векторов, вычислять скалярное и векторное произведения двух векторов и знать свойства этих произведений, свободно пользоваться системой прямоугольных декартовых координат на плоскости и в пространстве, знать, что такое единичные векторы (орты) и как выражаются составляющие вектора по координатным осям с помощью ортов.

При изучении материала раздела кинематика необходимо совершенно свободно уметь дифференцировать функции одной переменной, строить графики этих функций, быть знакомым с понятиями о естественном трехграннике, кривизне кривой и радиусе кривизны, знать основы теории кривых 2-го порядка, изучаемой в аналитической геометрии.

Для изучения раздела динамика требуется уметь вычислять интегралы (неопределенные и определенные) от простейших функций, находить частные производные и полный дифференциал функций нескольких переменных, а также владеть методами решения дифференциальных уравнений 1-го порядка с разделяющимися переменными и линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка (однородных и неоднородных) с постоянными коэффициентами.

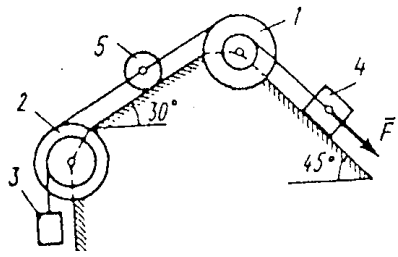


Рис. Д4.2

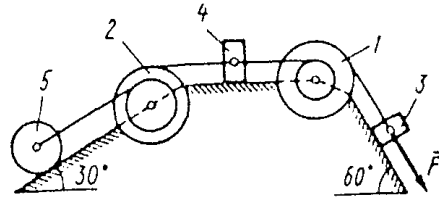


Рис. Д4.3

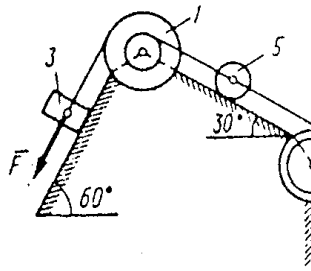


Рис. Д4.4

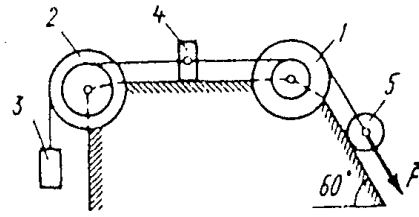


Рис. Д4.5

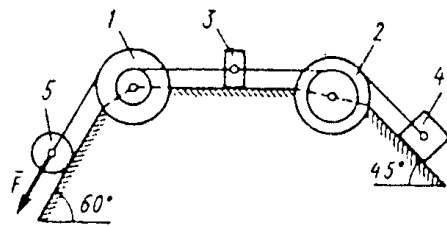


Рис. Д4.6

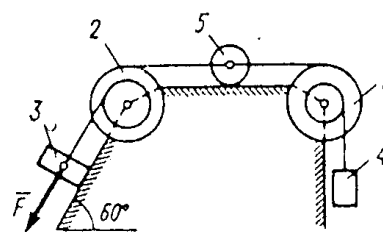


Рис. Д4.7

Задача Д4

Механическая система состоит из ступенчатых шкивов 1 и 2 весом P_1 и P_2 с радиусами ступеней $R_1 = R$, $r_1 = 0,4R$; $R_2 = R$, $r_2 = 0,8R$ (массу каждого шкива считать равномерно распределенной по его внешнему ободу); грузов 3, 4 и сплошного однородного цилиндрического катка 5 весом P_3 , P_4 , P_5 соответственно (рис. Д4.0–Д4.9, табл. Д4). Тела системы соединены нитями, намотанными на шкивы; участки нитей параллельны соответствующим плоскостям. Грузы скользят по плоскостям без трения, а катки катятся без скольжения.

Кроме сил тяжести на одно из тел системы действует постоянная сила \vec{F} , а на шкивы 1 и 2 при их вращении действуют постоянные моменты сил сопротивления, равные соответственно M_1 и M_2 .

Составить для данной системы уравнение Лагранжа и определить из него величину, указанную в столбце "Найти" таблицы, где обозначено: ε_1 , ε_2 – угловые ускорения шкивов 1 и 2, a_3 , a_4 , a_{C_5} – ускорения грузов 3, 4 и центра масс катка 5 соответственно. Когда в задаче надо определить ε_1 или ε_2 , считать $R = 0,25$ м.

Тот из грузов 3, 4, вес которого равен нулю, на чертеже не изображать. Шкивы 1 и 2 всегда входят в систему.

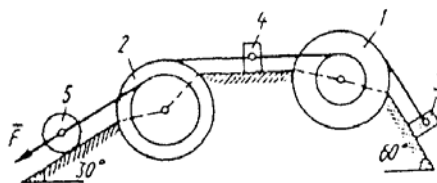


Рис. Д4.0

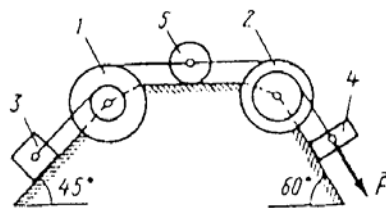


Рис. Д4.1

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА С КНИГОЙ

При изучении материала курса по учебнику прежде всего необходимо уяснить существо каждого излагаемого в нем вопроса. Главное – это понять физическую сущность изложенного в учебнике, а не "заучить" представленный в нем материал.

Материал курса рекомендуется изучать по темам приводимой ниже программы или по главам (параграфам) учебника. При этом сначала следует прочитать весь материал темы (параграфа), особенно не задерживаясь на том, что показалось не совсем понятным; часто это становится понятным из последующего, а затем вернуться к тем местам, которые вызвали затруднения, и внимательно разобраться в том, что было неясно. При повторном чтении необходимо обратить особое внимание на формулировки соответствующих определений, теорем и т. п., так как в точных формулировках существенно каждое слово, и очень полезно понять, почему данное положение сформулировано именно так. Однако при этом не следует стараться заучивать формулировки. Важно понять их смысл и уметь изложить его своими словами.

Необходимо также понять ход всех приведенных и требуемых доказательств (в механике они обычно несложны) и разобраться в их деталях. Доказательства надо уметь воспроизводить самостоятельно, что не трудно сделать, если понять идею доказательства. Однако пытаться просто "заучить" их не следует – пользы это не принесет.

Закончив изучение материала темы, полезно составить краткий конспект, по возможности не заглядывая в учебник.

САМОПРОВЕРКА

После изучения материала раздела необходимо проверить, можете ли Вы ответить на все вопросы программы курса по этому разделу или нет. Вопросы для самопроверки приводятся ниже.

Начав изучение материала очередной темы курса, сначала следует последовательно выписать все перечисленные в программе вопросы этой темы, оставив справа широкую колонку. При этом, если, например, в программе сказано "Условия равновесия пространственной и плоской системы сходящихся сил", то следует отдельно записывать вопросы "Условия равновесия пространственной системы сходящихся сил" и "Условия равновесия плоской системы сходящихся сил" и т. п. Затем по мере изучения материала темы следует в правой колонке указать страницу учебника, на которой излагается соответствующий вопрос, а также номер формулы или уравнения, которые выражают ответ на вопрос математически. В результате в данной тетради будет полный перечень вопросов для самопроверки, который можно использовать при подготовке к экзамену.

Кроме того, ответив на вопрос или написав соответствующую формулу, Вы можете по учебнику быстро проверить, правильно ли это сделано, если в правильности своего ответа сомневаетесь. Наконец, по тетради с такими вопросами Вы можете установить, весь ли материал, предусмотренный программой, Вами изучен.

Следует иметь в виду, что в различных учебниках материал может излагаться в различной последовательности. Поэтому ответ на какой-нибудь вопрос данной темы может оказаться в другой главе учебника. Например, в статике теорема о приведении системы сил к центру может быть дана сразу для произвольной системы сил, а может быть сначала дана для плоской системы сил, а потом для произвольной и т. п.

Таким образом, изучая материал по одному из рекомендованных учебников, Вы можете сначала получить ответ только на часть вопросов какой-нибудь темы, а ответ на остальные вопросы этой темы получить позже. Конечно, на изучении курса в целом это никак не скажется.

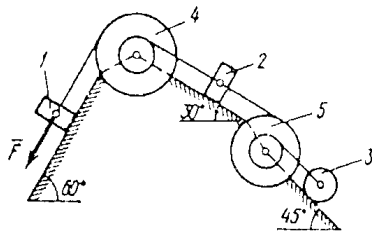


Рис. Д3.6

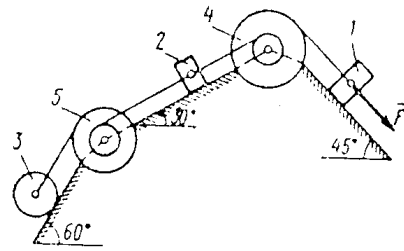


Рис. Д3.7

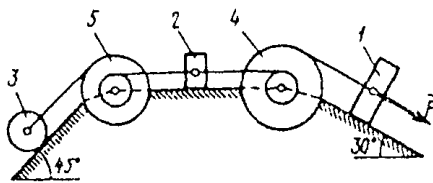


Рис. Д3.8

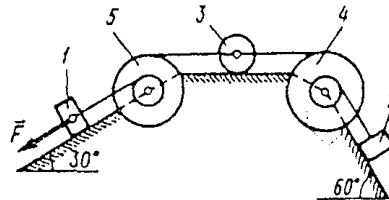


Рис. Д3.9

Таблица Д3

Номер условия	m_1 , кг	m_2 , кг	m_3 , кг	m_4 , кг	m_5 , кг	M_4 , кг	M_5 , кг	$F = f(s)$, Н	s_1 , м	Найти
0	2	0	4	6	0	0	0,8	$50(2 + 3s)$	1,0	V_1
1	6	0	2	0	8	0,6	0	$20(5 + 2s)$	1,2	ω_5
2	0	4	6	8	0	0	0,4	$80(3 + 4s)$	0,8	VC_3
3	0	2	4	0	10	0,3	0	$40(4 + 5s)$	0,6	V_2
4	8	0	2	6	0	0	0,6	$30(3 + 2s)$	1,4	ω_4
5	8	0	4	0	6	0,9	0	$40(3 + 5s)$	1,6	V_1
6	0	6	2	8	0	0	0,8	$60(2 + 5s)$	1,0	ω_4
7	0	4	6	0	10	0,6	0	$30(8 + 3s)$	0,8	ω_5
8	6	0	4	0	8	0,3	0	$40(2 + 5s)$	1,6	VC_3
9	0	4	6	10	0	0	0,4	$50(3 + 2s)$	1,4	V_2

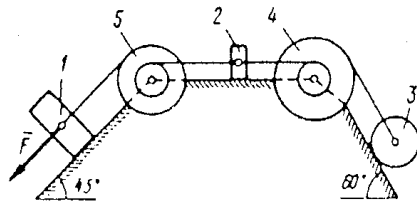


Рис. Д3.0

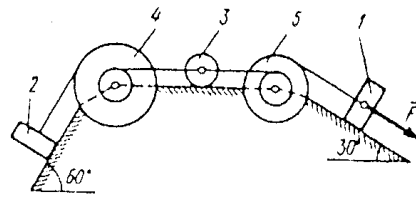


Рис. Д3.1

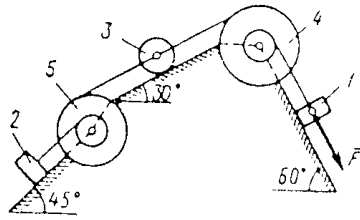


Рис. Д3.2

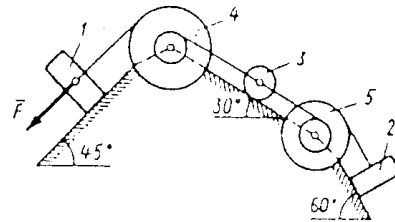


Рис. Д3.3

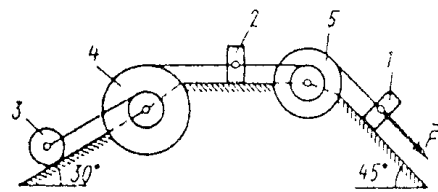


Рис. Д3.4

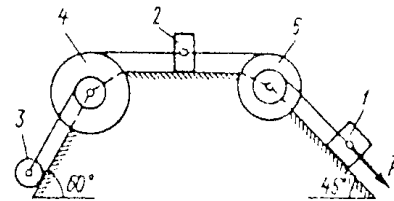


Рис. Д3.5

Указания по выполнению контрольных заданий приводятся ниже (после рабочей программы). Их надо обязательно прочитать и руководствоваться ими. Кроме того, при решении задач нужно пользоваться методическими указаниями [4] и учебниками [5],[6]. В них даны конкретные указания по решению задач и подробно разобраны примеры.

ВЫПОЛНЕНИЕ УПРАЖНЕНИЙ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Для более прочного усвоения теоретического материала после самопроверки необходимо выполнить упражнения и решить задачи по пройденной теме. Для этого по всем основным темам пройденного курса приводится литература, указываются страницы учебника и номера задач для решения. При этом, как правило, указываются примеры решения типовых задач.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

В процессе изучения курса теоретической механики студент должен выполнить контрольные задания, которые включают в себя 9 задач.

Задачи контрольной работы необходимо выполнять по мере изучения соответствующих тем курса. Неудачи при решении задач контрольной работы показывает, что тема недостаточно глубоко проработана или не решено достаточное количество задач по этой теме. Нужно ещё раз вернуться к рассмотрению основных положений этой темы, внимательно разобрать решения типовых задач и прорешать предложенные задачи.

Контрольная работа должна выполняться самостоятельно, поскольку она является одной из важнейших форм методической помощи студентам при изучении курса.

Преподаватель–рецензент указывает студенту на недостатки в усвоении им материала курса, что позволяет в дальнейшем устранить их.

КОНСУЛЬТАЦИИ

При возникновении затруднений при изучении теоретической части курса, ответов на вопросы для самопроверки или решения задач, следует обращаться за письменной или устной консультацией к преподавателю в институт. При этом необходимо точно указать вопрос, вызывающий затруднение, и место в учебнике, где он разбирается.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

При изучении курса особое внимание следует уделить приобретению навыков решения задач. Для этого, изучив материал данной темы, надо обязательно сначала разобраться в решениях соответствующих задач, которые приводятся в учебнике, обратив при этом особое внимание на методические указания по их решению. Затем постарайтесь решить самостоятельно несколько аналогичных задач из задачника и после этого решите соответствующую задачу из контрольного задания.

ЛЕКЦИИ

В период установочный или лабораторно-экзаменационной сессии студентам читаются лекции обзорного характера, на которых дается обзор наиболее важных тем и разделов курса, а так же рассматриваются вопросы, недостаточно полно или точно освещенные в учебной литературе или вызывающие затруднения у большого числа студентов.

ЗАЧЕТ

Студенты сдают зачет после практических занятий, проводимых в период установочной сессии.

ЭКЗАМЕН

К сдаче экзамена по теоретической механике допускаются студенты, имеющие зачетную контрольную работу и зачет по практическим занятиям.

Считая груз материальной точкой и пренебрегая всеми сопротивлениями, определить указанное в столбцах 4 и 9 таблицы, где обозначено: в столбце 4 (относится к рис. Д2.0–Д2.4) x_1 – перемещение плиты за время от $t_0 = 0$ до $t_1 = 1$ с, u_1 – скорость плиты в момент времени $t_1 = 1$ с, N_1 – полная сила нормального давления плиты на направляющие в момент времени $t_1 = 1$ с (указать, куда сила направлена); в столбце 9 (относится к рис. 5–9) ω_1 – угловая скорость плиты в момент времени $t_1 = 1$ с, $\omega = f(t)$ – угловая скорость плиты как функция времени.

На всех рисунках груз показан в положении, при котором $s = AD > 0$; при $s < 0$ груз находится по другую сторону от точки A .

Задача Д3

Механическая система состоит из грузов 1 и 2 (коэффициент трения грузов о плоскость $f = 0,1$), цилиндрического сплошного однородного катка 3 и ступенчатых шкивов 4 и 5 с радиусами ступеней $R_4 = 0,3$ м, $r_4 = 0,1$ м, $R_5 = 0,2$ м, $r_5 = 0,1$ м (массу каждого шкива считать равномерно распределенной по его внешнему ободу) (рис. Д3.0–Д3.9, табл. Д3). Тела системы соединены друг с другом нитями, намотанными на шкивы; участки нитей параллельны соответствующим плоскостям.

Под действием силы $F = f(s)$, зависящей от перемещения точки приложения силы, система приходит в движение из состояния покоя. При движении системы на шкивы 4 и 5 действуют постоянные моменты сил сопротивлений, равные соответственно M_4 и M_5 .

Определить значение искомой величины в тот момент времени, когда перемещение точки приложения силы \bar{F} равно s_1 . Искомая величина указана в столбце "Найти" таблицы, где обозначено: V_1 – скорость груза 1, V_{C_3} – скорость центра масс катка 3, ω_4 – угловая скорость тела 4 и так далее.

Таблица Д2

Номер условия	Рис. 0–1	Рис. 2–4	Рис. 0–4	Рис. 5–7	Рис. 8–9	Рис. 5–9		
	$s = F(t)$	$\bar{s} = F(t)$	Найти	$\bar{s} = F(t)$	$s = F(t)$	b	M	Найти
0	$0,6 \sin\left(\frac{\pi}{3} t^2\right)$	$\frac{\pi R}{3} (t^2 - 3)$	x_1	$\frac{\pi R}{2} (1 - 2t)$	$0,4 \sin(\pi t)$	$\frac{R}{2}$	8	$\omega = f(t)$
1	$0,4 (1 - 3t^2)$	$\frac{\pi R}{3} (3 - 2t^2)$	u_1	$\frac{\pi R}{6} (1 + 2t^2)$	$0,2 (2 - 3t)$	$\frac{4R}{3}$	0	ω_1
2	$0,4 \sin(\pi t^2)$	$\frac{\pi R}{2} t^2$	N_1	$\frac{\pi R}{2} t^2$	$-0,8 t$	R	$12t^2$	$\omega = f(t)$
3	$0,8 \cos\left(\frac{\pi}{4} t^2\right)$	$\frac{\pi R}{6} t^2$	u_1	$\frac{\pi R}{2} (4t^2 - 1)$	$0,2 (2 - 5t)$	$\frac{4R}{3}$	0	ω_1
4	$0,3 (1 - 3t^2)$	$\frac{\pi R}{6} (2t^2 - 3)$	x_1	$\frac{\pi R}{6} (5 - 7t)$	$0,4 (3t - 1)$	$\frac{R}{2}$	0	ω_1
5	$0,8 \sin\left(\frac{\pi}{3} t^2\right)$	$\frac{\pi R}{2} (t^2 - 1)$	N_1	$\frac{\pi R}{3} (2t^2 - 3)$	$0,6 \cos(\pi t)$	R	-12	$\omega = f(t)$
6	$0,6 t^2$	$\frac{\pi R}{3} t^2$	u_1	$\frac{\pi R}{6} (3 - 4t^2)$	$0,8 (1 - t^2)$	$\frac{R}{2}$	0	ω_1
7	$0,4 (2t^2 - 1)$	$\frac{\pi R}{6} (3 - 5t^2)$	x_1	$\frac{\pi R}{3} (3t - t^2)$	$0,8 (5t^2 - 2)$	$\frac{4R}{3}$	0	ω_1
8	$0,6 \cos\left(\frac{\pi}{2} t^2\right)$	$\pi R t^2$	N_1	$\frac{\pi R}{6} (2t - 3)$	$0,4 t^2$	$\frac{R}{2}$	-8t	$\omega = f(t)$
9	$0,6 \cos\left(\frac{\pi}{2} t^2\right)$	$\frac{\pi R}{4} t^2$	x_1	$\frac{\pi R}{3} (3 - 5t^2)$	$0,6 (t - 2t^2)$	$\frac{4R}{3}$	0	ω_1

"ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА"

по направлению подготовки

140400 – "ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА"

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Профиль подготовки</i>	<i>Семестр</i>	<i>Экзамен</i>	<i>Зачет</i>	<i>Контрольная работа</i>	Часы учебных занятий			
					<i>ВСЕГО</i>	<i>Лекции</i>	<i>Практика</i>	<i>Самост. работа</i>
Электро- снабжение	4	1	-	1	324	12	18	294
Электро- привод и автоматика	2,3	1	1	2	324	12	16	296

2. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Механическое движение как одна из форм движения материи. Предмет механики. Теоретическая механика и её место среди естественных и технических наук. Механика как теоретическая база ряда областей современной техники. Объективный характер законов механики. Основные исторические этапы развития механики. Связь механики с общественным производством и её роль в решении народнохозяйственных задач.

- 9 -

Раздел 1. СТАТИКА

Предмет статики. Основные понятия. Аксиомы статики. Связь и реакции связей. Момент силы относительно точки и оси. Главный вектор и главный момент системы сил. Условия равновесия произвольной системы сил. Уравнения равновесия системы сил на плоскости. Определение реакций связей составных конструкций. Центры тяжести тел.

Раздел 2. КИНЕМАТИКА

Кинематика точки. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение точки и их проекции на неподвижные оси координат. Простейшие движения твердого тела. Теорема о скорости и ускорении точки в сложном движении. Плоское движение твердого тела. Существование, единственность и способы нахождения мгновенного центра скоростей.

Раздел 3. ДИНАМИКА

Законы динамики. Две основные задачи динамики для материальной точки. Дифференциальные уравнения движения свободной системы материальных точек. Центр масс системы материальных точек. Осевые и центробежные моменты инерции. Количество движения, кинетический момент и кинетическая энергия системы. Связи и их уравнения. Возможные и действительные перемещения. Идеальные связи. Принцип Даламбера–Лагранжа (общее уравнение динамики). Число степеней свободы. Обобщенные координаты. Обобщенные силы. Условия равновесия в обобщенных координатах. Уравнения Лагранжа второго рода.

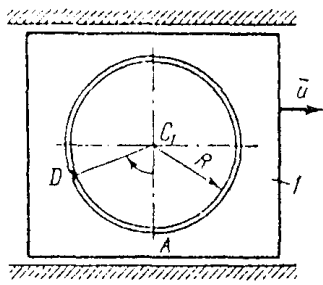


Рис. Д2.4

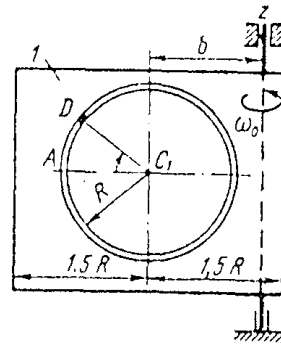


Рис. Д2.5

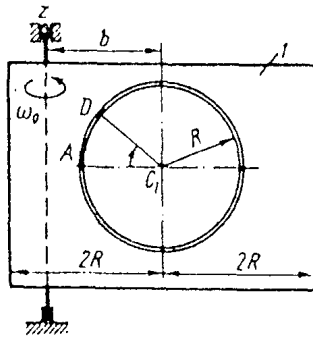


Рис. Д2.6

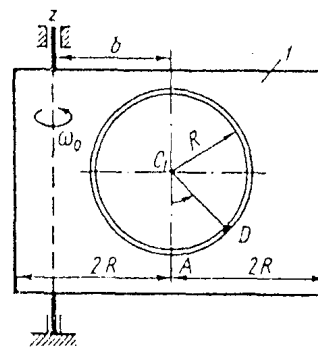


Рис. Д2.7

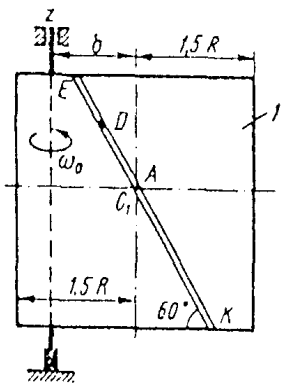


Рис. Д2.8

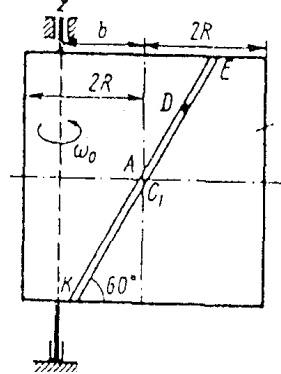


Рис. Д2.9

Плита рис. Д2.5–Д2.9 имеет в момент времени $t_0 = 0$ угловую скорость $\omega_0 = 8 \text{ с}^{-1}$, и в этот момент на нее начинает действовать вращающий момент M (момент относительно оси z), заданный в таблице в ньютон–метрах и направленный как ω_0 при $M > 0$ и в противоположную сторону при $M < 0$. Ось z проходит от центра C_1 плиты на расстоянии b ; размеры плиты показаны на рисунках.

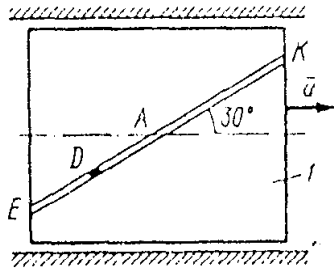


Рис. Д2.0

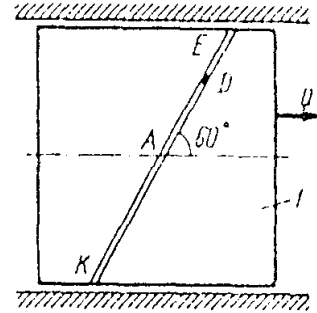


Рис. Д2.1

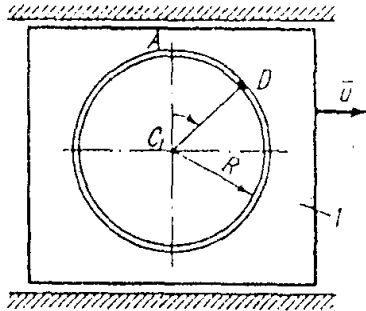


Рис. Д2.2

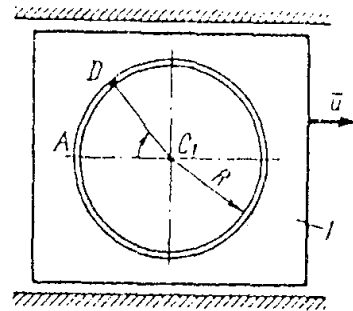


Рис. Д2.3

3. СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРНЫХ ЛЕКЦИЙ

Лекция 1 по разделу "СТАТИКА". Основные понятия, аксиомы, пара сил. Условия равновесия системы сходящихся сил. Условия равновесия произвольной системы сил. Уравнения равновесия системы сил в пространстве и на плоскости. Определение реакций связей составных конструкций. Центр тяжести тел (2 часа).

Лекция 2, 3 по разделу "КИНЕМАТИКА". Кинематика точки. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение точки и их проекции на неподвижные оси координат. Простейшие движения твердого тела. Сложное движение точки. Теорема о сложении скоростей. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса). Плоское движение твердого тела. Мгновенный центр скоростей. Способы нахождения мгновенного центра скоростей (5 часов).

Лекции 4, 5, 6 по разделу "ДИНАМИКА". Законы динамики. Две основные задачи динамики материальной точки, Дифференциальные уравнения движения материальной точки. Центр масс системы материальных точек. Осевые и центробежные моменты инерции. Теоремы об изменении количества движения и о движении центра масс системы. Кинетическая энергия системы при различных движениях. Теорема об изменении кинетической энергии системы. Связи. Идеальные связи. Мощность сил. Уравнения Лагранжа второго рода (5 часов).

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Занятие 1. Равновесие плоской системы сил (2 часа).

Занятие 2. Скорость и ускорение точки (2 часа).

Занятие 3. Вращательное движение тела (2 часа).

Занятие 4. Плоское движение тела (2 часа).

-11-

Занятие 5. Сложное движение точки (2 часа).

Занятие 6. Дифференциальные уравнения движения точки (2 часа).

Занятие 7. Теоремы об изменении количества движения и о движении центра масс системы (2 часа).

Занятие 8. Теорема об изменении кинетической энергии системы (2 часа).

Занятие 9. Уравнения Лагранжа второго рода (2 часа).

5. ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики. Учеб. для техн. вузов /А.А. Яблонский, В.М.Никифорова. – 11-е изд., стер. – СПб.: Изд-во «Лань», 2004. -768 с.

2. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов /С.М. Тарг. – 15-е изд., стер.. – М.: Высш. школа, 2005. – 415 с.

3. Бутенин, Н.В.. Курс теоретической механики /Н.В. Бутенин, Я.Л.Лунц , Д.Р.Меркин. – 11-е изд., стер. – СПб.: Изд-во «Лань», 2009. -736 с.

4. Равновесие твердого тела при действии плоской и пространственной систем сил: метод. указания / сост. А.Н. Гайфутдинов; Казан. гос. технол. ун-т. - Казань, 1991. – 23 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

5. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / А.А.Яблонский [и др.]; общ. ред. А.А. Яблонского. – 11-е изд., стер. - М.: Интеграл-Пресс, 2004. – 382 с.

6. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах: в 3 т. Т.1, 2. /М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе , А.С. Кельзон. – 9-е изд., – СПб.: Изд-во «Лань», 2009. - 1312 с.

- 12 -

В точке B груз, не изменяя значения своей скорости, переходит на участок BC трубы, где на него кроме силы тяжести

действует переменная сила \bar{F} , проекция которой F_x на ось x задана в таблице.

Считая груз материальной точкой и зная расстояние $AB = l$ или время t_1 движения груза от точки A до точки B , найти закон движения груза на участке BC , то есть $x = f(t)$, где $x = BD$. Трением груза о трубу пренебречь.

Задача Д2

Механическая система состоит из прямоугольной вертикальной плиты 1 массой $m_1 = 24$ кг и груза D массой $m_2 = 8$ кг; плита или движется вдоль горизонтальных направляющих (рис. Д2.0–Д2.4), или вращается вокруг вертикальной оси z , лежащей в плоскости плиты (рис. Д2.5–Д2.9). В момент времени $t_0 = 0$ груз начинает двигаться под действием внутренних сил по имеющемуся на плите желобу; закон его движения $s = AD = F(t)$ задан в табл. Д2, где s выражено в метрах, t – в секундах. Форма желоба на рис. Д2.0, Д2.1, Д2.8, Д2.9 – прямолинейная (желоб KE), на рис. Д2.2–Д2.7 – окружность радиусом $R = 0,8$ м с центром в центре масс C_1 плиты ($s = AD$ на рис. Д2.2–Д2.7 отсчитывается по дуге окружности). Плита (рис. Д2.0–Д2.4) имеет в момент $t_0 = 0$ скорость $u_0 = 0$.

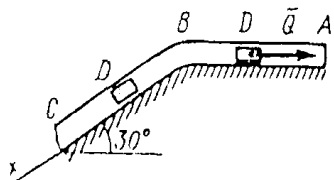


Рис. Д1.6

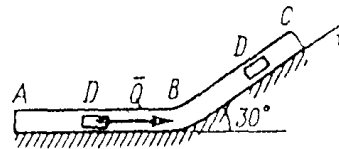


Рис. Д1.7

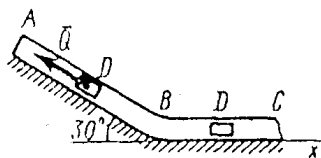


Рис. Д1.8

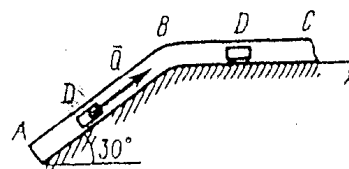


Рис. Д1.9

Таблица Д1

Номер условия	m , кг	V_0 , м/с	Q , Н	R , Н	l , м	t_1 , с	F_x , Н
0	2,4	12	5	$0,8 V^2$	1,5	—	$4 \sin(4t)$
1	2	20	6	$0,4 V$	—	2,5	$-5 \sin(4t)$
2	8	10	16	$0,5 V^2$	4	—	$6 t^2$
3	1,8	24	5	$0,3 V$	—	2	$-2 \cos(2t)$
4	6	15	12	$0,6 V^2$	5	—	$-5 \sin(2t)$
5	4,5	22	9	$0,5 V$	—	3	$3 t$
6	4	12	10	$0,8 V^2$	2,5	—	$6 \cos(4t)$
7	1,6	18	4	$0,4 V$	—	2	$-3 \sin(4t)$
8	4,8	10	10	$0,2 V^2$	4	—	$4 \cos(2t)$
9	3	22	9	$0,5 V$	—	3	$4 \sin(2t)$

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА "ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА"

Программа курса состоит из введения и трех разделов. Ниже по каждому разделу приводятся ссылки на литературу с указанием глав и параграфов, в которых излагается данная тема. Номер учебника, указанный в квадратных скобках, соответствует его номеру в списке литературы. Далее приводятся вопросы для самопроверки, на которые следует отвечать после изучения каждой темы. В завершение приводится перечень знаний и умений, которыми должен обладать студент после теоретического изучения материала, проработки вопросов и решения задач по указанной теме.

Раздел 1. СТАТИКА

Литература

[1], часть 1: гл.1, §1-3; гл.3, §14; гл.4, §19-23; гл.5, § 30-35, 43, 52; гл. 6, § 55-59.

[2]: гл.1, §1-3; гл.2, §4-7; гл.3, §8-9; гл.4, §11-13; гл.5, §14-19,21; гл.7, § 28, 30; гл. 8, § 31-35.

Вопросы для самопроверки

1. Что называют связью? В чём заключается сущность принципа освобожденности от связей?
2. Какая система сил называется парой сил? Почему пара сил не имеет равнодействующей?
3. Что называется моментом силы относительно точки?
4. Как определяется на плоскости момент сил относительно точки?
5. Чему равен главный момент системы сил, лежащих в одной плоскости, относительно любой точки этой плоскости?

6. Каковы условия и уравнения равновесия плоской системы параллельных сил на плоскости?

7. По каким формулам вычисляют координаты центров тяжести плоских фигур?

Раздел 2. КИНЕМАТИКА

Литература

[1], **часть 1**: гл.7, §62-65; гл.8, §66-68; гл. 9, §70-76; гл.10, §78-81,83-84; гл. 11, §85-91; гл.14, §111-116.

[2]: гл. 9, § 36–46; гл. 10, § 48–51; гл. 11, § 52, 54–57; гл. 13, § 64–67.

Вопросы для самопроверки

1. Какие кинематические способы движения точки существуют и в чём состоит каждый из этих способов?

2. Как по уравнениям движения точки в координатной форме определить её траекторию?

3. Чему равен вектор скорости точки в данный момент времени и какое направление он имеет?

4. Какое движение твердого тела называется вращением вокруг неподвижной оси и как оно осуществляется?

5. По каким формулам определяются модули угловой скорости и углового ускорения вращающегося твердого тела?

6. Дайте определение относительного, переносного и абсолютного движений точки, а также скоростей и ускорений этих движений.

7. Каковы модуль и направления кориолисова ускорения и при каких условиях кориолисово ускорение точки равно нулю?

8. Какое движение твердого тела называется плоским?

Раздел 3. ДИНАМИКА

Задача Д1

Груз D массой m , получив в точке A начальную скорость V_0 , движется в изогнутой трубе ABC , расположенной в вертикальной плоскости; участки трубы или оба наклонные, или один горизонтальный, а другой наклонный (рис. Д1.0–Д1.9, табл. Д1). На участке AB на груз кроме силы тяжести действуют постоянная сила \bar{Q} (ее направление показано на рисунках) и сила сопротивления среды \bar{R} , зависящая от скорости \bar{V} груза (направлена против движения).

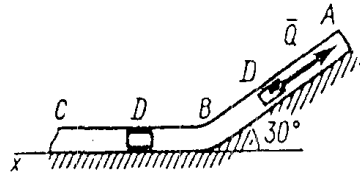


Рис. Д1.0

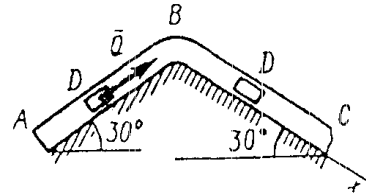


Рис. Д1.1

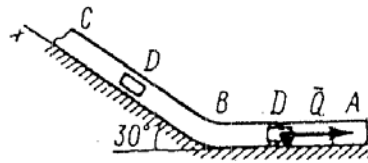


Рис. Д1.2

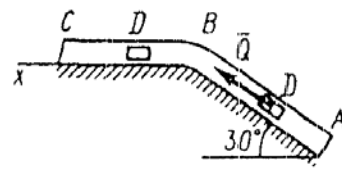


Рис. Д1.3

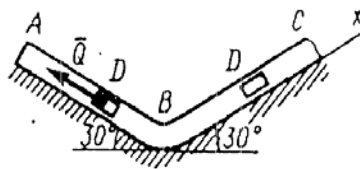


Рис. Д1.4

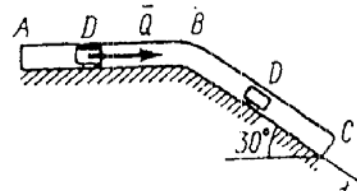


Рис. Д1.5

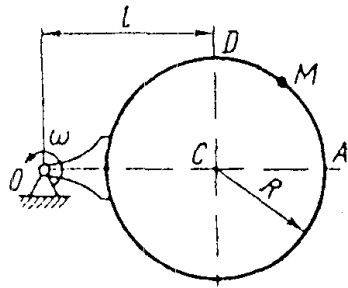


Рис. К3.8

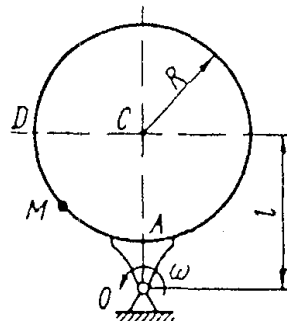


Рис. К3.9

Таблица К3

Номер условия	$\omega, 1/c$	Рис. 0-5		Рис. 0-5	
		$b, \text{ см}$	$s = AM = f(t)$	l	$s = AM = f(t)$
0	-2	16	$60(t^4 - 3t^2) + 56$	R	$\frac{\pi}{3} R(t^4 - 3t^2)$
1	4	20	$60(t^3 - 3t^2)$	R	$\frac{\pi}{3} R(t^3 - 2t)$
2	3	8	$80(2t^2 - t^3) - 48$	R	$\frac{\pi}{6} R(3t - t^2)$
3	-4	12	$40(t^2 - 3t) + 32$	$\frac{3}{4} R$	$\frac{\pi}{2} R(t^3 - 2t^2)$
4	-3	10	$50(t^3 - t) - 30$	R	$\frac{\pi}{3} R(3t^2 - t)$
5	2	12	$50(3t - t^2) - 64$	R	$\frac{\pi}{3} R(4t^4 - 2t^3)$
6	4	20	$40(t - 2t^3) - 40$	$\frac{4}{3} R$	$\frac{\pi}{2} R(t - 2t^2)$
7	-5	10	$80(t^2 - t) + 40$	R	$\frac{\pi}{3} R(2t^2 - 1)$
8	2	8	$60(t - t^3) + 24$	R	$\frac{\pi}{6} R(t - 5t^2)$
9	-5	16	$40(3t^2 - t^4) - 32$	$\frac{4}{3} R$	$\frac{\pi}{2} R(2t^2 - t^3)$

9. Какую точку плоской фигуры называют мгновенным центром скоростей и каковы основные случаи определения его положения?

Раздел 3. ДИНАМИКА

Литература

[1], часть 2: гл.1, §1; гл.2, §3-10; гл.6, §31-35; гл.7, §43-45; гл.8, §46-50; гл.10, §59-62,68-69; гл.17, §112-114; гл.18, §117-119; гл.19, §125,128.

[2]: гл. 15, § 77–80, 82; гл. 17, § 83–85, 87–89; гл. 18, § 90; гл.21, §100–103; гл.22, §106–109; гл.23, §110–112; гл.24, §115–118; гл.25, §121–124; гл.26–27, §133–135; гл.28, §137–141; гл.29, §142–146.

Вопросы для самопроверки

1. Как определяются константы при интегрировании дифференциальных уравнений движения материальной точки?
2. Что называют центром масс системы точек и как определяют его координаты?
3. Какими свойствами обладают главные и главные центральные оси инерции?
4. Сформулируйте теоремы об изменении количества движения материальной точки и механической системы в дифференциальной и конечной формах?
5. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы?
6. В чем заключается сущность принципа Даламбера-Лагранжа для материальной точки?
7. Как формулируется принцип возможных перемещений?
8. Какая величина называется обобщенной силой, соответствующей некоторой обобщенной координате системы, и какую она имеет размерность?
9. Какой вид имеют уравнения Лагранжа второго рода?

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Студенты выполняют контрольные задания, состоящие из девяти задач: задачи С1, С2 по разделу "*СТАТИКА*", задачи К1, К2, К3 по разделу "*КИНЕМАТИКА*", задачи Д1, Д2, Д3, Д4 по разделу "*ДИНАМИКА*".

К каждой задаче дается 10 рисунков и таблица (с тем же номером, что и задача), содержащая дополнительные условия к задаче. Нумерация рисунков двойная, при этом номером рисунка является цифра, стоящая после точки. Например, рис. С1.4 – это рис.4 к задаче С1 и так далее (в тексте задачи при повторных ссылках на рисунок пишется просто рис.4 и так далее). Номера условий то 0 до 9 проставлены в 1–м столбце (или в 1–й строке) таблицы.

Студент во всех задачах выбирает номер рисунка по предпоследней цифре, а номер условия в таблице по последней цифре его учебного шифра в зачетной книжке; например, если шифр оканчивается числом 46, то берет рис.4 и условия № 6 из таблицы.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Контрольные задания выполняются в отдельной тетради, страницы которой нумеруются. На обложке указываются: название дисциплины, номер работы, фамилия и инициалы студента, учебный шифр, факультет, специальность и адрес. На первой странице тетради записываются: номер работы и номера решаемых задач.

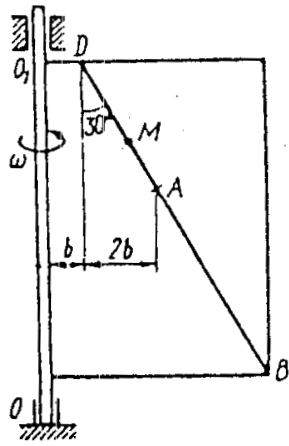


Рис. К3.4

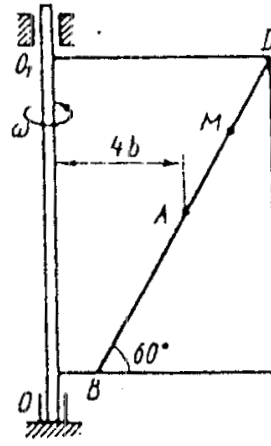


Рис. К3.5

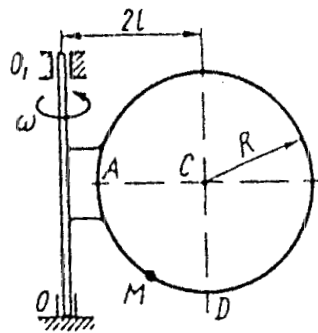


Рис. К3.6

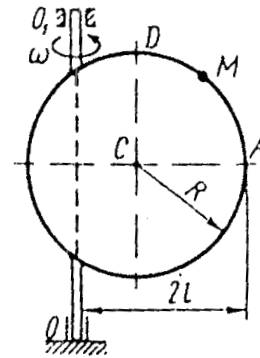


Рис. К3.7

прямой BD (рис. К3.0–К3.5) или по окружности радиуса R , то есть по ободу пластины (рис. К3.6–К3.9), движется точка M . Закон ее относительного движения, выражаемый уравнением $s = AM = f(t)$ (s – в сантиметрах, t – в секундах), задан в табл. К3 отдельно для рис. К3.0–К3.5 и для рис. К3.6–К3.9, при этом на рис. 6–9 $s = AM$ и отсчитывается по дуге окружности; там же даны размеры b и l . На всех рисунках точка M показана в положении, при котором $s = AM > 0$ (при $s < 0$ точка M находится по другую сторону от точки A).

Определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

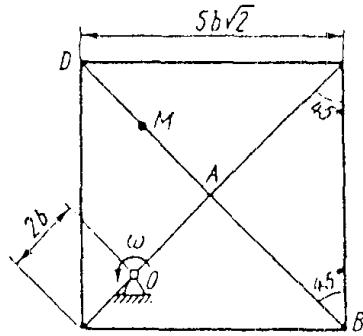


Рис. К3.0

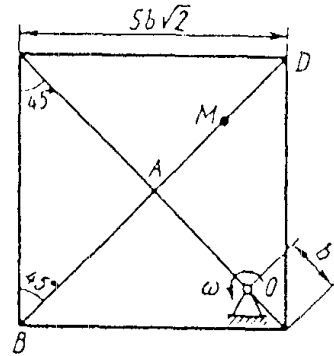


Рис. К3.1

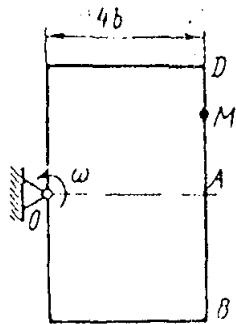


Рис. К3.2

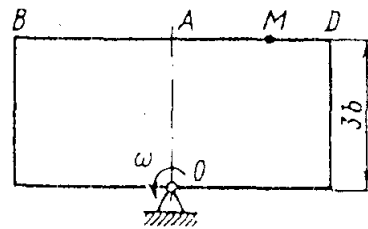


Рис. К3.3

Решение каждой задачи обязательно нужно начинать на развороте тетради (на четной странице, начиная со второй, иначе работу трудно проверять). Сверху указывается номер задачи, далее делается чертеж (можно карандашом) и записывается, что в задаче дано и что требуется определить (текст задачи не переписывать). Чертеж выполняется с учетом условий решаемого варианта задачи; на нем все углы, действующие силы, число тел и их расположение должны соответствовать этим условиям. В результате в целом ряде решаемых задач чертеж получится более простой, чем общий, приведенный в контрольных заданиях.

Чертеж должен быть аккуратным и наглядным, а его размеры должны позволять ясно показать все силы или векторы скорости и ускорения и других; показывать все эти векторы и координатные оси на чертеже, а также указывать единицы измерения получаемых величин нужно обязательно. 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. На каждой странице следует оставлять поля для замечаний рецензента.

Работы, не отвечающие всем перечисленным требованиям, будут без проверки возвращаться для переделки.

К работе, высылаемой на повторную проверку (если она выполнена в другой тетради), должна обязательно прилагаться незачетная работа. На экзамене необходимо представить зачетные по данному разделу курса работы, в которых все отмеченные рецензентом погрешности должны быть исправлены.

При чтении текста каждой задачи нужно учесть следующее: большинство рисунков дано без соблюдения масштаба; на рисунках к задачам С1–С3 и Д1–Д4 все линии, параллельные строкам, считаются горизонтальными, перпендикулярные строкам – вертикальными, и это в тексте задач специально не оговаривается. Также без оговорок считается, что нити (веревки, тросы) являются нерастяжимыми и невесомыми, нити, перекинутые через блок, по блоку не скользят, катки и колеса катятся по плоскости без скольжения. Все связи, если не сделано других оговорок, считаются идеальными.

Когда тела на рисунке пронумерованы, то в тексте задач и в таблице P_1, l_1, r_1 и тому подобные означает вес или размеры тела 1, P_2, l_2, r_2 – тела 2 и так далее. Аналогично в кинематике и динамике V_B, a_B означают скорость и ускорение точки B , V_C, a_C – точки C ; ω_1, ε_1 – угловую скорость и угловое ускорение тела 1, ω_2, ε_2 – тела 2 и так далее. В каждой задаче подобные обозначения могут тоже специально не оговариваться.

Следует также иметь в виду, что некоторые из заданных в условиях задачи величин (размеров) при решении каких-нибудь вариантов могут не понадобиться, они нужны для решения других вариантов задачи.

Из всех пояснений в тексте задачи обращайтесь внимание только на относящиеся к вашему варианту, то есть к номеру вашего рисунка или вашего условия в таблице.

При выполнении задания ход решения задач нужно комментировать (какие применяются формулы, уравнения или формулы). Все необходимые расчеты должны быть выполнены полностью.

Дуговые стрелки на рисунках показывают, как при построении чертежа должны откладываться соответствующие углы, то есть по ходу или против хода часовой стрелки (например, угол γ на рис. К2.1 следует отложить от стержня DE против хода часовой стрелки, а на рис. К2.2 – от стержня AE по ходу часовой стрелки).

Таблица К2

Номер условия	Углы					Дано			Найти
	α°	β°	γ°	φ°	θ°	$\omega_1, 1/c$	$\omega_2, 1/c$	$V_B, м/с$	
0	30	150	120	0	60	2	–	–	V_B, V_E, ω_2
1	60	60	60	90	120	–	3	–	V_A, V_D, ω_3
2	0	120	120	0	60	–	–	10	V_A, V_E, ω_2
3	90	120	90	90	60	3	–	–	V_B, V_E, ω_2
4	0	150	30	0	60	–	4	–	V_B, V_A, ω_2
5	60	150	120	90	30	–	–	8	V_A, V_E, ω_3
6	30	120	30	0	60	5	–	–	V_B, V_E, ω_3
7	90	150	120	90	30	–	5	–	V_A, V_D, ω_3
8	0	60	30	0	120	–	–	6	V_A, V_E, ω_2
9	30	120	120	0	60	4	–	–	V_B, V_E, ω_3

Задача К3

Прямоугольная пластина (рис. К3.0–К3.5) или круглая пластина радиусом $R = 60$ см (рис. К3.6–К3.9) вращается вокруг неподвижной оси с постоянной угловой скоростью ω , заданной в табл. К3 (при знаке "минус" направление ω противоположно показанному на рисунке). Ось вращения на рис. К3.0–К3.3, К3.8 и К3.9 перпендикулярна плоскости пластины и проходит через точку O (пластина вращается в своей плоскости); на рис. К3.4–К3.7 ось вращения OO_1 лежит в плоскости пластины (пластина вращается в пространстве). По пластине вдоль

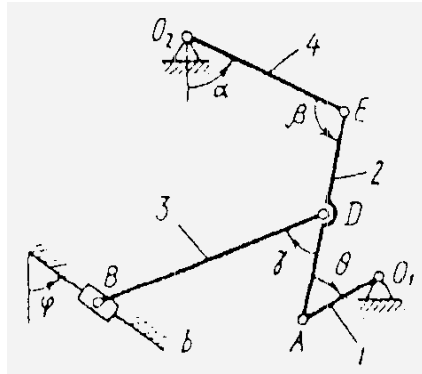
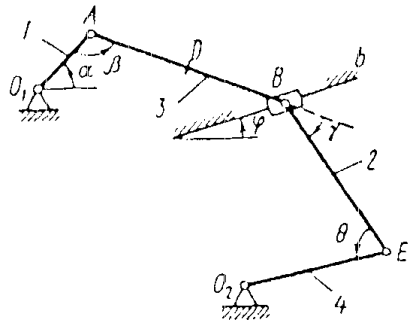


Рис. К2.4

Рис. К2.5

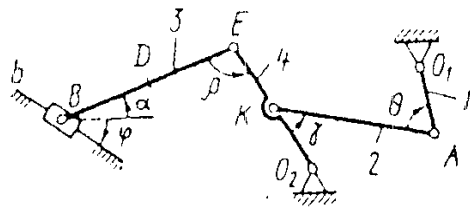
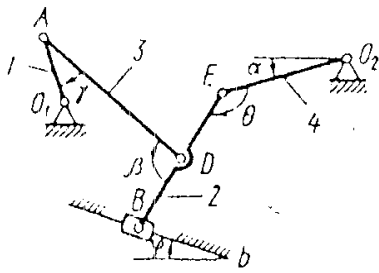


Рис. К2.6

Рис. К2.7

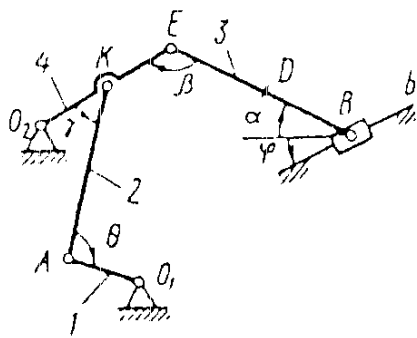


Рис. К2.8

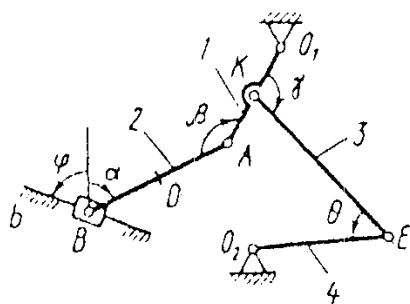


Рис. К2.9

ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНЫМ ЗАДАНИЯМ

Раздел 1. СТАТИКА

Задача С1

Жесткая рама (рис.С1.0–С1.9, табл. С1) закреплена в точке A шарнирно, а в точке B прикреплена или к невесомому стержню BB_1 , или к шарнирной опоре на катках; стержень прикреплен к раме и неподвижной опоре шарнирами.

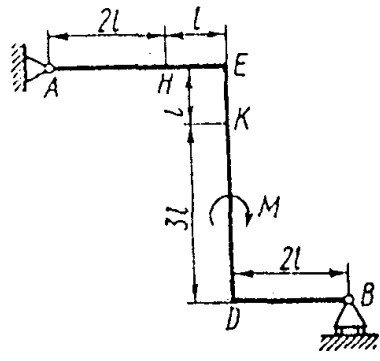


Рис. С1.0

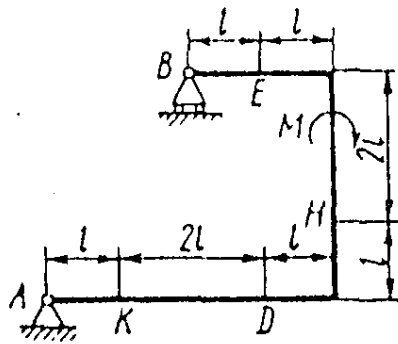


Рис. С1.1

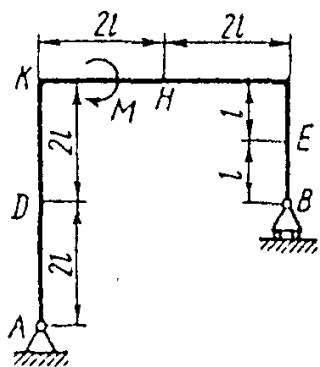


Рис. С1.2

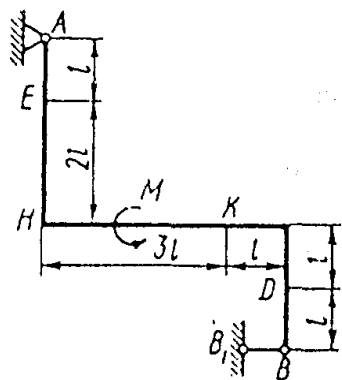


Рис. С1.3

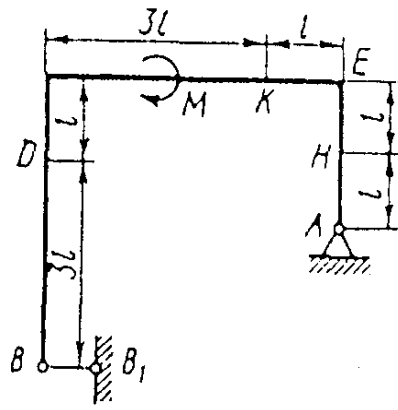


Рис. С1.4

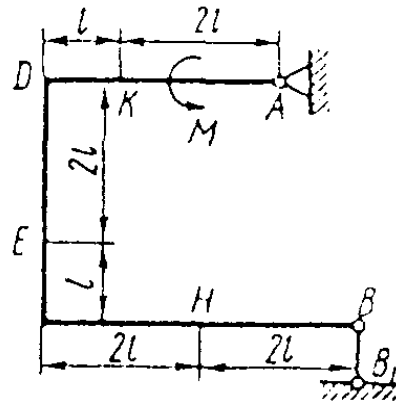


Рис. С1.5

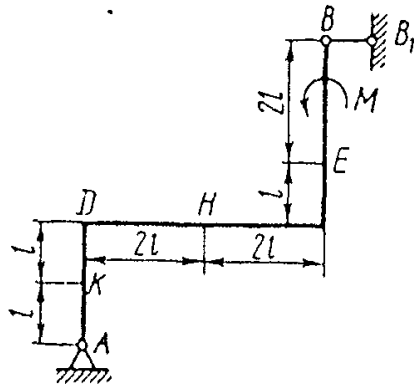


Рис. С1.6

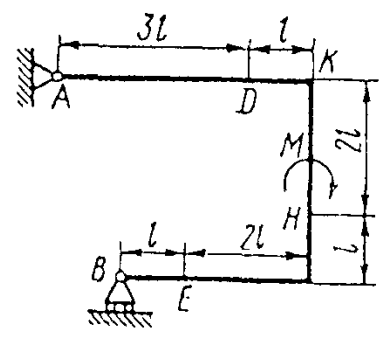


Рис. С1.7

Задача К2

Плоский механизм состоит из стержней 1–4 и ползуна B , соединенных друг с другом и с неподвижными опорами O_1 и O_2 шарнирами (рис. К2.0–К2.9). Длины стержней: $l_1 = 0,4$ м, $l_2 = 1,2$ м, $l_3 = 1,4$ м, $l_4 = 0,8$ м. Положение механизма определяется углами α , β , γ , φ , θ , которые вместе с другими величинами заданы в табл. К2. Точка D на всех рисунках и точка K на рис. К2.7–К2.9 находятся в середине соответствующего стержня. Определить ве-

личины, указанные в столбце "Найти" табл. К2. Найти также ускорение a_A точки A стержня 1, если стержень 1 имеет в данный момент времени угловое ускорение $\varepsilon_1 = 10 \text{ c}^{-2}$.

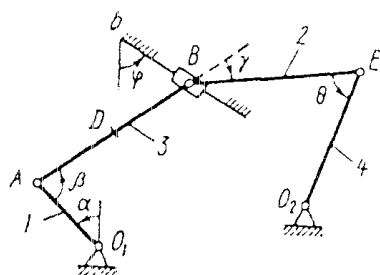


Рис. К2.0

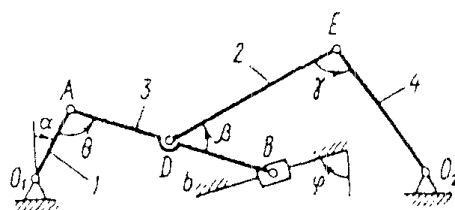


Рис. К2.1

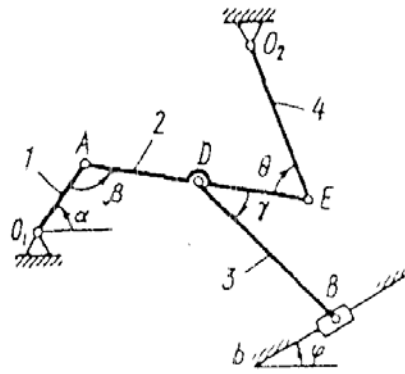


Рис. К2.2

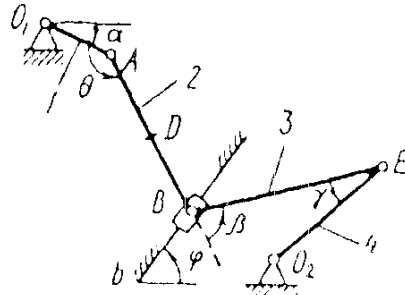


Рис. К2.3

номер рисунка выбирается по предпоследней цифре шифра, а номер условия в табл. К1 – по последней.

Таблица К1

Номер условия	$y = f_2(t)$		
	Рис. 0–2	Рис. 3–6	Рис. 7–9
0	$4 - 9 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$t^2 - 2$	$-4 \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$
1	$2 - 3 \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	$8 \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	$10 \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
2	$4 - 6 \cos^2\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$4 + 2t^2$	$12 \sin^2\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
3	$12 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$2(t+1)^2$	$2 - 4 \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
4	$9 \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right) + 5$	$2 + 2 \sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	$12 \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right) + 13$
5	$-10 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$2t^2 - 2$	$3 \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
6	$8 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right) - 3$	$(t+1)^3$	$16 \sin^2\left(\frac{\pi}{6}t\right) - 14$
7	$-9 \cos^2\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$3 - 4 \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	$6 \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$
8	$6 \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right) - 4$	$2t^2$	$4 - 9 \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
9	$2 - 2 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$2 \sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	$8 \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right) + 6$

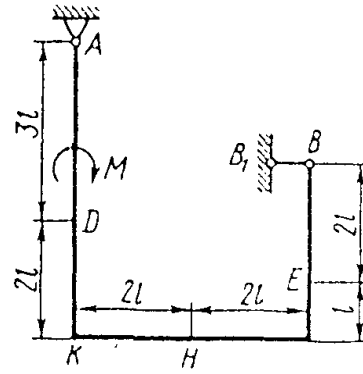
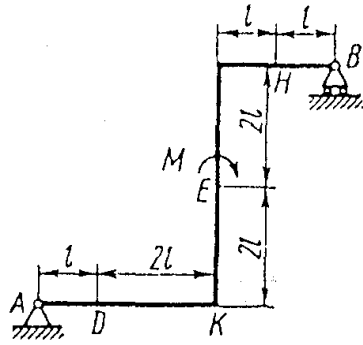


Рис. С1.8

Рис. С1.9

Таблица С1

Номер условия	\vec{F}_1		\vec{F}_2		\vec{F}_3		\vec{F}_4	
	α_1		α_2		α_3		α_4	
	$F_1 = 10 \text{ Н}$		$F_2 = 20 \text{ Н}$		$F_3 = 30 \text{ Н}$		$F_4 = 40 \text{ Н}$	
	Точка приложения	α_1°	Точка приложения	α_2°	Точка приложения	α_3°	Точка приложения	α_4°
0	–	–	D	60	E	45	–	–
1	K	30	–	–	–	–	H	60
2	–	–	H	45	K	30	–	–

3	<i>D</i>	60	–	–	–	–	<i>E</i>	30
4	–	–	<i>K</i>	30	<i>E</i>	60	–	–
5	<i>H</i>	60	–	–	<i>D</i>	30	–	–
6	–	–	<i>E</i>	30	–	–	<i>K</i>	45
7	<i>D</i>	45	–	–	<i>H</i>	60	–	–
8	–	–	<i>H</i>	60	–	–	<i>D</i>	30
9	<i>E</i>	30	–	–	–	–	<i>K</i>	60

- 21 -

На раму действуют пара сил с моментом $M = 100 \text{ Н}\cdot\text{м}$ и две силы, значения которых, направления и точки приложения указаны в табл. С1 (например, в условиях № 1 на раму действуют сила $F_1 = 10 \text{ Н}$ под углом 30° , приложенная в точке *K*, и сила $F_4 = 40 \text{ Н}$ под углом 60° к горизонтальной оси, приложенная в точке *H*).

Определить реакции связей в точках *A* и *B*, вызываемые заданными нагрузками. При окончательных подсчетах принять $l = 0,5 \text{ м}$.

Задача С2

Однородная прямоугольная плита весом $P = 5 \text{ кН}$ со сторонами $AB = 3l$, $BC = 2l$ закреплена в точке *A* сферическим шарниром, а в точке *B* цилиндрическим шарниром (подшипником) и удерживается в равновесии невесомым стержнем *CC* (рис. С2.0 – С2.9).

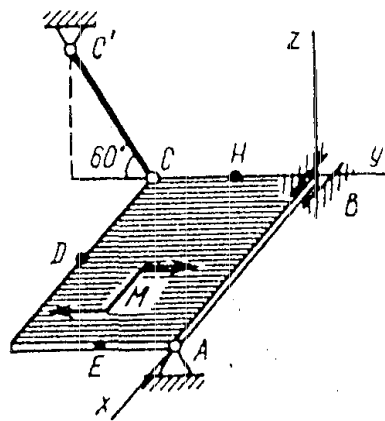
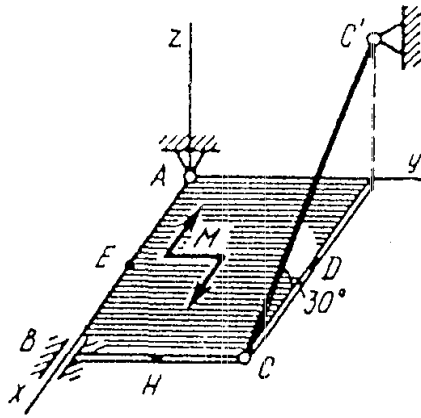


Рис. С2.0

Рис. С2.1

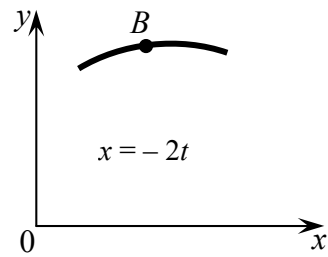
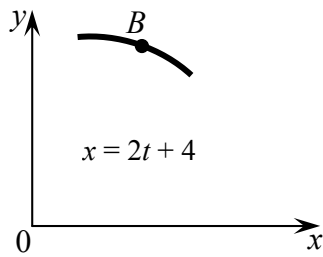


Рис. К1.4

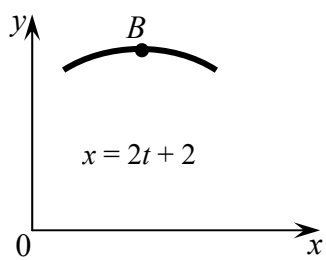


Рис. К1.6

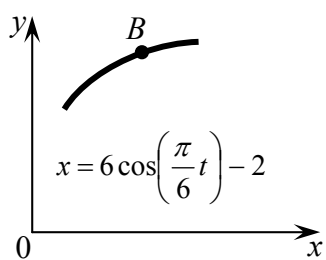


Рис. К1.8

Рис. К1.5

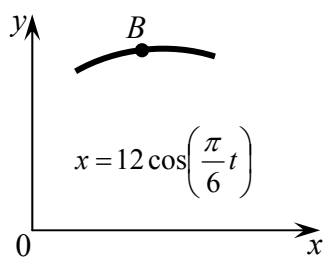


Рис. К1.7

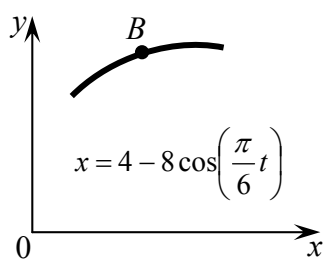


Рис. К1.9

Зависимость $x = f_1(t)$ указана непосредственно на рисунках, а зависимость $y = f_2(t)$ дана в табл. К1 (для рис. 0–2 в столбце 2, для рис. 3–6 в столбце 3, для рис. 7–9 в столбце 4). Как и в задачах С1, С2,

Раздел 2. КИНЕМАТИКА

Задача К1

Точка B движется в плоскости xOy (рис. К1.0–К1.9, табл. К1; траектория точки на рисунках показана условно). Закон движения точки задан уравнениями: $x = f_1(t)$, $y = f_2(t)$, где x и y выражены в сантиметрах, t – в секундах.

Найти уравнение траектории точки; для момента времени $t_1 = 1$ с определить положение, скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения и радиус кривизны в соответствующей точке траектории.

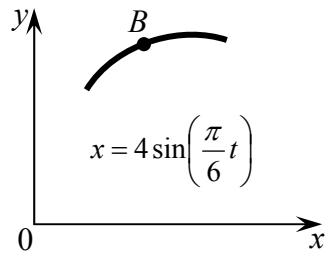


Рис. К1.0

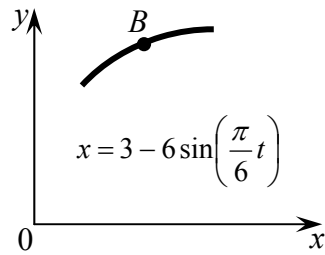


Рис. К1.1

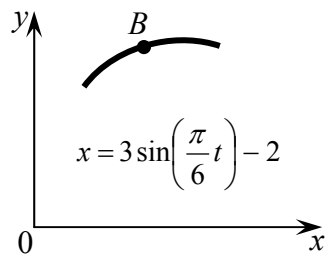


Рис. К1.2

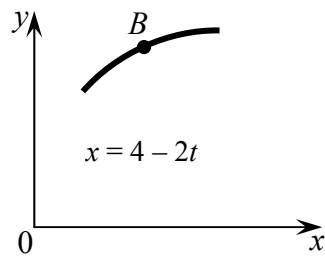


Рис. К1.3

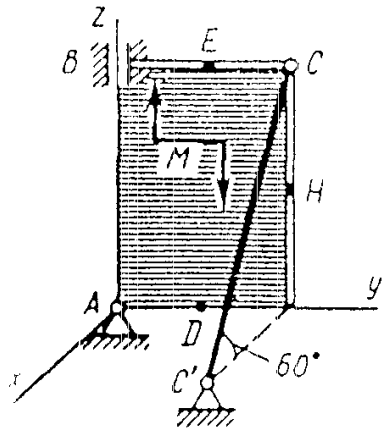


Рис. С2.2

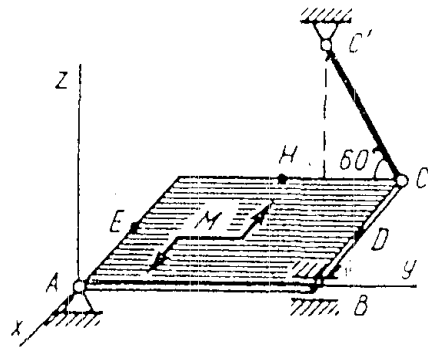


Рис. С2.3

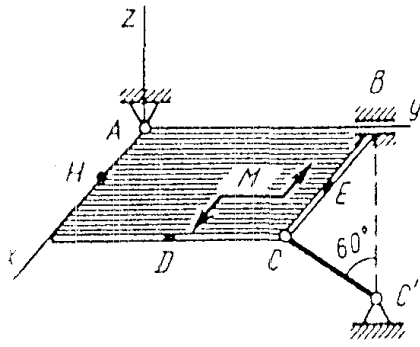


Рис. С2.4

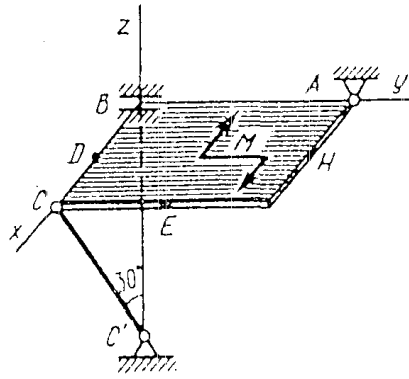


Рис. С2.5

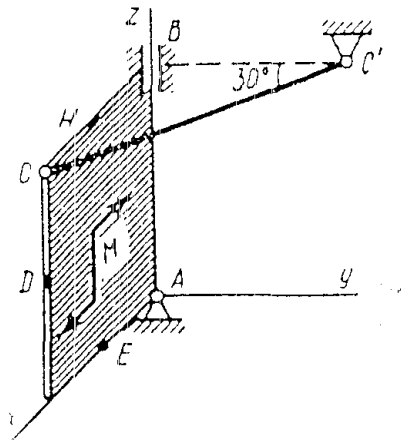


Рис. С2.6

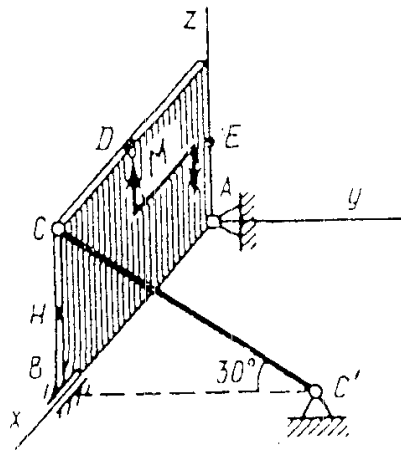


Рис. С2.7

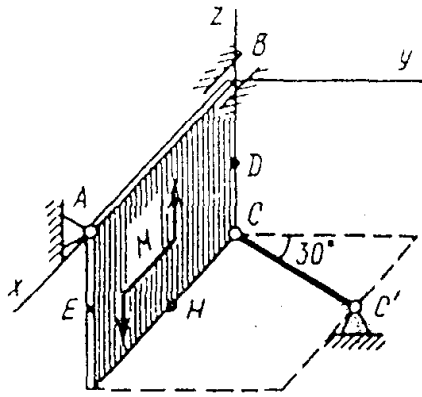


Рис. С2.8

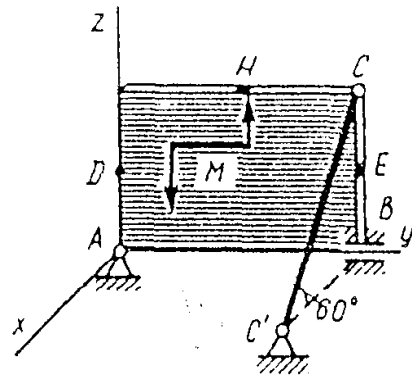


Рис. С2.9

На плиту действуют пара сил с моментом $M = 6 \text{ кН}\cdot\text{м}$, лежащая в плоскости плиты, и две силы. Значения этих сил, их направления и

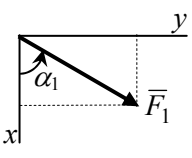
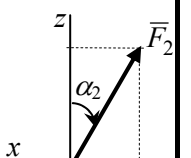
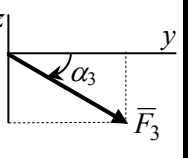
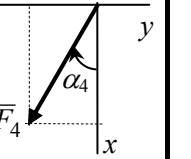
- 24 -

точки приложения указаны в табл. С2; при этом силы \vec{F}_1 и \vec{F}_4 лежат в плоскостях, параллельных плоскости xOy , сила \vec{F}_2 – в плоскости, параллельной xOz , сила \vec{F}_3 – в плоскости, параллельной yOz .

Точки приложения сил (D, E, H) находятся в середине сторон плиты.

Определить реакции связей в точках A, B и C . При подсчетах принять $l = 0,8$ м.

Таблица С2

Номер условия	 $F_1 = 4$ кН		 $F_2 = 6$ кН		 $F_3 = 8$ кН		 $F_4 = 10$ кН	
	Точка приложения	α_1°	Точка приложения	α_2°	Точка приложения	α_3°	Точка приложения	α_4°
0	D	60	–	–	E	0	–	–
1	H	90	D	30	–	–	–	–
2	–	–	E	60	–	–	D	90
3	–	–	–	–	E	30	H	0
4	E	0	–	–	H	60	–	–
5	–	–	D	60	H	0	–	–
6	–	–	H	30	–	–	D	90
7	E	30	H	90	–	–	–	–
8	–	–	–	–	D	0	E	60
9	–	–	E	90	D	30	–	–



Министерство образования и науки РФ

Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образователь-
ного
учреждения высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

А.Н. Гайфутдинов, А.В. Садыков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИ- КА

*Методические указания и контрольные задания
для студентов заочного отделения*

НИЖНЕКАМСК
2012