Министерство образования и науки Российской Федерации
Саратовский государственный технический университет
Балаковский институт техники, технологии и управления

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Методические указания к выполнению контрольных работ
по курсу «Теоретическая механика» для студентов специальностей
100700, 250600, 100401 заочной формы обучения
Часть 2

Одобрено
редакционно-издательским советом
Балаковского института техники,
технологии и управления

Балаково 2006

ВВЕДЕНИЕ

Теоретическая механика как одна из важнейших физико-математических дисциплин играет существенную роль в подготовке инженеров любых специальностей. На основных законах и принципах теоретической механики базируются многие общеинженерные дисциплины, такие, как сопротивление материалов, строительная механика, гидравлика, теория механизмов и машин, детали машин и др.

Хорошее усвоение курса теоретической механики требует не только глубокого изучения теории, но и приобретения твердых навыков в решении задач. Для этого необходимо самостоятельно решить большое количество задач по всем разделам.

При изучении курса «Теоретическая механика» студент должен выполнить ряд заданий в контрольной работе и изучить теоретические вопросы, помогающие в решении задач.

Во всех разделах широко используется векторная алгебра. В статике необходимо уметь вычислять проекции векторов на координатные оси, находить геометрически и аналитически их сумму, скалярное и векторное произведение. В кинематике необходимо уметь дифференцировать векторы, функции и строить графики функций. Для изучения динамики надо уметь дифференцировать векторы, интегрировать функции и дифференциальные уравнения.

При решении задач номер рисунка выбирается по предпоследней цифре шифра, номер условия в таблице – по последней.

ДИНАМИКА

В основе динамики лежат законы Ньютона. Причем одним из основных является II закон: $m\bar{a} = \bar{F}$,

где $\bar{F} = \sum_{i=1}^{n} \bar{F}_i$ – равнодействующая всех сил, действующих на точку.

Следовательно, получим ***основное уравнение динамики***:

$$m\bar{a} = \sum_{i=1}^{n} \bar{F}_i \qquad (1)$$

Динамика материальной точки решает две основные задачи:

1) ***прямая*** – по известному закону движения материальной точки определить силы, вызывающие это движение;

2) ***обратная*** – по известным силам, действующим на материальную точку, определить закон ее движения.

Импульсом постоянной по модулю и направлению силы, действующей в течение промежутка времени $t = t_2 - t_1$, называется вектор

$$\bar{S} = \bar{F} \cdot t, \qquad (2)$$

направление которого совпадает с направлением вектора силы, а модуль определяется формулой $S = F \cdot t = F\,(t_2 - t_1)$ (3)

Импульсом переменной силы, действующей в течение промежутка времени $t = t_2 - t_1$, называется вектор, равный интегралу от вектора силы за промежуток времени (t_1, t_2):

$$\bar{S} = \int_{t_1}^{t_2} \bar{F} dt \qquad (4)$$

Модуль определим способом проекций:

$$S_x = \int_{t_1}^{t_2} F_x dt; \qquad S_y = \int_{t_1}^{t_2} F_y dt; \qquad S_z = \int_{t_1}^{t_2} F_z dt \qquad (5)$$

Количеством движения материальной точки называется вектор, имеющий направление вектора скорости

$$\overline{K} = m\overline{V}\,, \tag{6}$$

и равный по модулю произведению массы точки на модуль ее скорости:

$$K = mV \tag{7}$$

Теорема импульсов (теорема об изменении количества движения):

$$m\overline{V} - m\overline{V}_0 = \sum_{i=1}^{n} \overline{S}_i \tag{8}$$

Изменение количества движения за некоторый промежуток времени равно геометрической сумме импульсов всех сил, действующих за тот же промежуток времени.

Работа постоянной силы – это скалярная величина, равная скалярному произведению вектора силы на вектор перемещения

$$A = \overline{F} \cdot \overline{S} \tag{9}$$

Определим модуль работы: $$A = F \cdot S \cos(\overline{F}, \overline{S}) \tag{10}$$

Работа переменной силы определяется криволинейным интегралом

II рода: $$A_{1,2} = \int\limits_{M_1 M_2} (F_X\, dx + F_Y\, dy + F_Z\, dz) \tag{11}$$

Работа силы тяжести: $$A = \pm G \cdot H\,; \tag{12}$$

где H – высота перемещения точки.

Работа силы упругости: $$A_{F_{УПР}} = \pm \frac{c\lambda^2}{2}\,; \tag{13}$$

где c – жесткость пружины; λ – деформация пружины.

Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки:

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum_{i=1}^{n} A_i \tag{14}$$

Изменение кинетической энергии материальной точки на некотором перемещении равно алгебраической сумме работ всех сил, действующих на точку на том же перемещении.

Теорема об изменении кинетической энергии механической системы:

$$T - T_0 = \sum_{i=1}^{n} A_i^E \tag{15}$$

Изменение кинетической энергии механической системы на конечном перемещении равно алгебраической сумме работ всех внешних сил, действующих на систему на том же перемещении.

Определим кинетическую энергию твердого тела в различных случаях его движения:

при поступательном движении

$$T = \frac{mV_C^2}{2}, \tag{16}$$

где V_C – скорость центра масс;

при вращательном движении

$$T = \frac{I_Z \omega^2}{2}, \tag{17}$$

где I_Z – момент инерции тела относительно оси вращения,

ω – угловая скорость вращения тела;

при плоском движении

$$T = T_{пост} + T_{вращ} = \frac{mV_C^2}{2} + \frac{I_{ZC}\omega^2}{2} \tag{18}$$

где I_{ZC} – момент инерции тела относительно центральной оси, перпендикулярной плоскости движения тела;

момент инерции относительно оси определяется формулой:

$$I = m \cdot i_Z^2, \tag{19}$$

где i_Z – радиус инерции тела относительно оси z.

Задача Д1

Груз D массой m, получив в точке А 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.2 – 3).

На участке AB на груз кроме силы тяжести действует постоянная сила $\overline{Q}$ (ее направление показано на рисунках) и сила сопротивления среды $\overline{R}$, зависящая от скорости $\overline{V}$ груза (направлена против движения). Трением груза о трубу на участке AB пренебречь.

В точке B груз, не изменяя своей скорости, переходит на участок BC трубы, где на него кроме силы тяжести действуют сила трения (коэффициент трения груза о трубу $f = 0{,}2$) и переменная сила $\overline{F}$, проекция которой F_X на ось x задана в таблице 1.

Считая груз материальной точкой и зная расстояние AB=l или время t_1 движения груза от точки А до точки B, найти закон движения груза на участке BC, т.е. $x = f(t)$, где $x = BD$.

Все необходимые данные указаны в табл.1.

Указания. Задача Д1 – на интегрирование дифференциальных уравнений движения точки (решение обратной задачи динамики). Решение задачи разбивается на две части. Сначала нужно составить и проинтегрировать методом разделения переменных дифференциальное уравнение движения точки (груза) на участке AB, учтя начальные условия. Затем, зная время движения груза на участке AB или длину этого участка, определить скорость груза в точке B. Эта скорость будет начальной для движения груза на участке BC. После этого нужно составить и проинтегрировать дифференциальное уравнение движения груза на участке BC тоже с учетом начальных условий, ведя отсчет времени от момента, когда груз находится в точке B, и полагая в этот момент $t = 0$. При интегрировании уравнения движения на участке АВ в случае, когда задана длина l участка, целесообразно перейти к переменному x, учтя, что

$$\frac{dV_X}{dt} = V_X \frac{dV_X}{dx}. \tag{20}$$

Пример. На вертикальном участке АВ трубы (рис.1) на груз D массой m действуют сила тяжести и сила сопротивления R; расстояние от точки А, где $V = V_0$, до точки В равно l. На наклонном участке ВС на груз действуют сила тяжести и переменная сила $F = F(t)$, заданная в ньютонах.

Д а н о: m=2 кг, $R = \mu V^2$, где $\mu = 0{,}4$ кг/м, V_0= 5 м/с, l= 2,5 м, $F_X = 16\sin(4t)$.

О п р е д е л и т ь: $x = f(t)$ – закон движения груза на участке ВС.

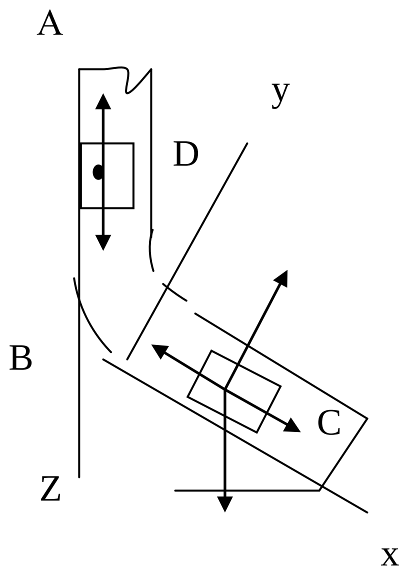

Рис.1. Схема задачи

Решение: 1. Рассмотрим движение груза на участке АВ, считая груз материальной точкой. Изображаем груз (в произвольном положении) и действующие на него силы $\overline{P} = m\overline{g}$ и $\overline{R}$. Проводим ось Az и составляем дифференциальное уравнение движения груза в проекции на эту ось:

$$m\frac{dV_Z}{dt} = \sum F_{KZ} \quad \text{или} \quad mV_Z \frac{dV_Z}{dz} = P_Z + R_Z. \tag{21}$$

Далее находим $P_Z = P = mg$, $R_Z = -R = -\mu V^2$; подчеркиваем, что в уравнении **все переменные силы надо обязательно выразить через величины, от которых они зависят**. Учтя еще, что $V_Z = V$, получим

$$mV\frac{dV}{dz} = mg - \mu V^2 \quad \text{или} \quad V\frac{dV}{dz} = \frac{\mu}{m}(\frac{mg}{\mu} - V^2). \tag{22}$$

Введем обозначения:

$$k = \frac{\mu}{m} = 0{,}2 \ \text{м}^{-1}, \quad n = \frac{mg}{\mu} = 50 \ \text{м}^2/\text{с}^2. \tag{23}$$

где при подсчете принято $g \approx 10$ м/с^2. Тогда уравнение (22) можно представить в виде

$$2V \cdot \frac{dV}{dz} = -2k(V^2 - n) \tag{24}$$

Разделяя в уравнении (24) переменные, а затем беря от обеих частей интегралы, получим

$$\frac{2VdV}{V^2 - n} = -2kdz \qquad \text{и} \qquad \ln(V^2 - n) = -2kz + C_1 \tag{25}$$

По начальным условиям при $z = 0$ $\quad V = V_0$, что дает $C_1 = \ln(V_0^2 - n)$ и из равенства (25) находим

$$\ln(V^2 - n) = -2kz + \ln(V_0^2 - n) \qquad \text{или} \qquad \ln(V^2 - n) - \ln(V_0^2 - n) = -2kz.$$

Отсюда

$$\ln\frac{V^2 - n}{V_0^2 - n} = -2kz \qquad \text{и} \qquad \frac{V^2 - n}{V_0^2 - n} = e^{-2kz}.$$

В результате находим

$$V^2 = n + (V_0^2 - n) \cdot e^{-2kz}. \tag{26}$$

Полагая в равенстве (26) $z = l = 2{,}5$ м и заменяя k и n их значениями (23), определим скорость V_B груза в точке В (V_0=5 м/с, число e =2,7):

$$V_B^2 = 50 - 25/e = 40{,}7 \quad \text{и} \quad V_B = 6{,}4 \ \text{м/с}. \tag{27}$$

2. Рассмотрим теперь движение груза на участке ВС; найденная скорость V_B будет для движения на этом участке начальной скоростью ($V_0 = V_B$). Изображаем груз (в произвольном положении) и действующие на него силы $\overline{P} = m\overline{g},\ \overline{N},\ \overline{F}_{TP}$ и $\overline{F}$. Проведем из точки В оси Bx и By и составим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось Bx :

$$m\frac{dV_X}{dt} = P_X + N_X + F_{TPX} + F_X$$

или

$$m\frac{dV_X}{dt} = mg\sin\alpha - F_{TP} + F_X\,, \tag{28}$$

где $F_{TP} = fN$. Для определения N составим уравнение в проекции на ось By . Так как $a_y = 0$, получим $0 = N - mg\cos\alpha$, откуда $N = mg\cos\alpha$. Следовательно, $F_{TP} = fmg\cos\alpha$; кроме того, $F_X = 16\sin(4t)$ и уравнение (28) примет вид

$$m\frac{dV_X}{dt} = mg(\sin\alpha - f\cos\alpha) + 16\sin(4t)\,. \tag{29}$$

Разделив обе части равенства на m, вычислим

$$g(\sin\alpha - f\cos\alpha) = g(\sin 30^0 - 0{,}2\cos 30^0) = 3{,}2\,; \qquad 16/m = 8$$

и подставим эти значения в (29). Тогда получим

$$\frac{dV_X}{dt} = 3{,}2 + 8\sin(4t)\,. \tag{30}$$

Умножая обе части уравнения (30) на dt и интегрируя, найдем

$$V_X = 3{,}2t - 2\cos(4t) + C_2\,. \tag{31}$$

Будем теперь отсчитывать время от момента, когда груз находится в точке В, считая в этот момент $t = 0$. Тогда при $t = 0$ $V = V_0 = V_B$, где V_B дается равенством (27). Подставляя эти величины в (31), получим

$$C_2 = V_B + 2\cos 0 = 6{,}4 + 2 = 8{,}4\,.$$

При найденном значении C_2 уравнение (31) дает

$$V_X = \frac{dx}{dt} = 3{,}2t - 2\cos(4t) + 8{,}4. \qquad (32)$$

Умножая обе части на dt и снова интегрируя, найдем

$$x = 1{,}6t^2 - 0{,}5\sin(4t) + 8{,}4t + C_3. \qquad (33)$$

Так как при $t = 0$ $x = 0$, то $C_3 = 0$ и окончательный искомый закон движения груза будет

$$x = 1{,}6t^2 + 8{,}4t - 0{,}5\sin(4t) \qquad (34)$$

где x – в метрах, t – в секундах.

Таблица 1

Номер Условия	m, кг	V_0, м/с	Q, Н	R, Н	l, м	t_1, с	F_X, Н
0	2	20	6	$0{,}4V$	–	2,5	$2\sin(4t)$
1	2,4	12	6	$0{,}8V^2$	1,5	–	$6t$
2	4,5	24	9	$0{,}5V$	–	3	$3\sin(2t)$
3	6	14	22	$0{,}6V^2$	5	–	$-3\cos(2t)$
4	1,6	18	4	$0{,}4V$	–	2	$4\cos(4t)$
5	8	10	16	$0{,}5V^2$	4	–	$-6\sin(2t)$
6	1,8	24	5	$0{,}3V$	–	2	$9t$
7	4	12	12	$0{,}8V^2$	2,5	–	$-8\cos(4t)$
8	3	22	9	$0{,}5V$	–	3	$2\cos(2t)$
9	4,8	10	12	$0{,}2V^2$	4	–	$-6\sin(4t)$

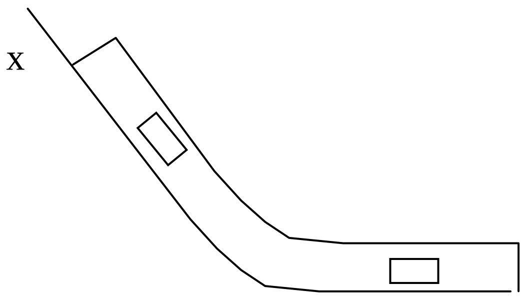

Схема Д1.0

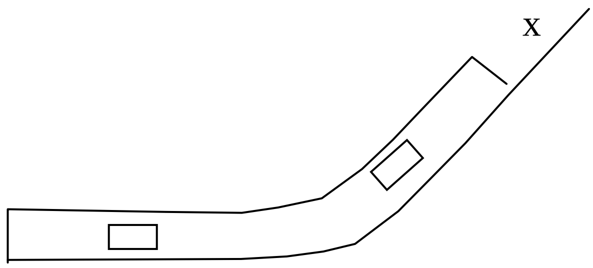

Схема Д1.1

Рис.2. Схемы к задачам

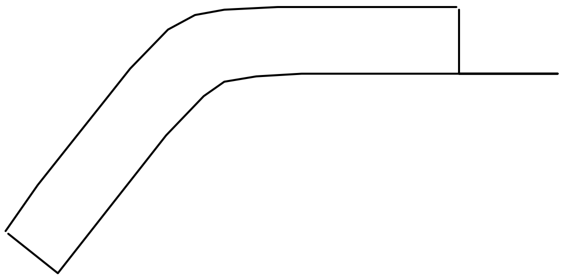

Схема Д1.2

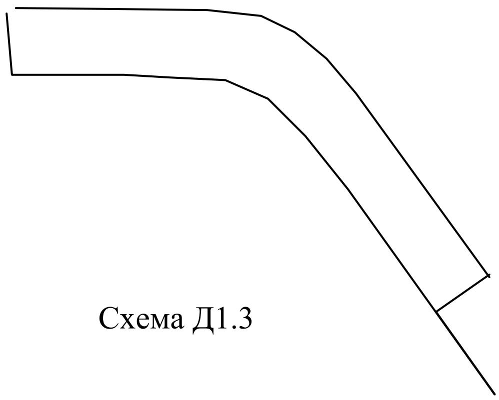

Схема Д1.3

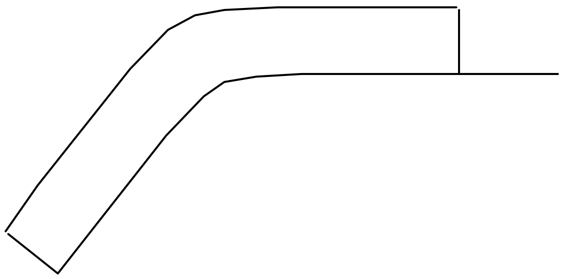

Схема Д1.4

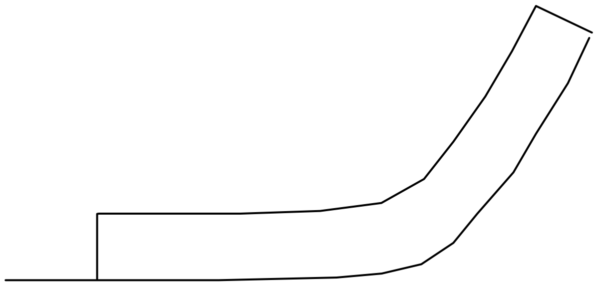

Схема Д1.5

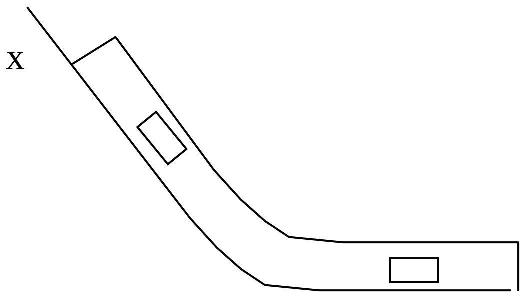

Схема Д1.6

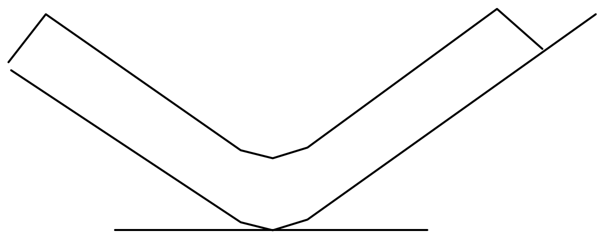

Схема Д1.7

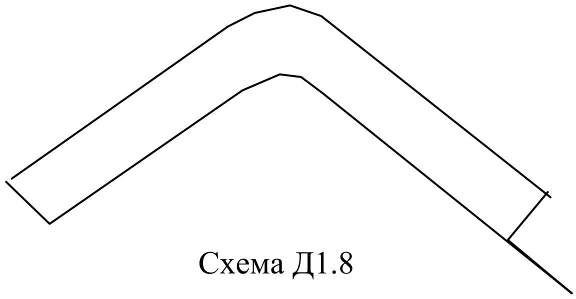

Схема Д1.8

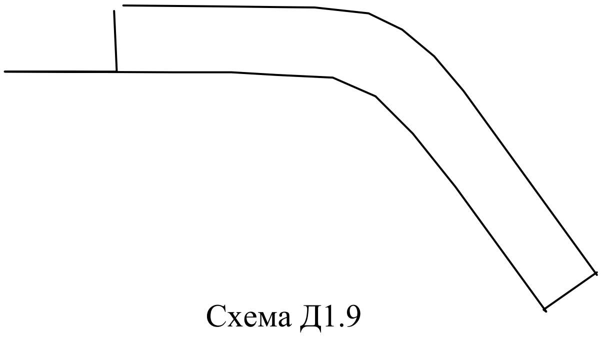

Схема Д1.9

Рис.3. Схемы к задачам

Задача Д2

Механическая система состоит из грузов 1 и2, ступенчатого шкива 3 с радиусами ступеней $R_3 = 0{,}3$ м, $r_3 = 0{,}1$ м и радиусом инерции относительно оси вращения $\rho_3 = 0{,}2$ м, блока 4 радиуса $R_4 = 0{,}2$ м и катка (или подвижного блока) 5 (схемы Д2.0 – Д2.9); тело 5 считать сплошным однородным цилиндром, а массу блока 4 – равномерно распределенной по ободу. Коэффициент трения грузов о плоскость $f = 0{,}1$. Тела системы соединены друг с другом нитями, перекинутыми через блоки и намотаны на шкив 3 (или на шкив и каток); участки нитей параллельны соответствующим плоскостям. К одному из тел прикреплена пружина с коэффициентом жесткости c.

Под действием силы $F = f(S)$, зависящей от перемещения S точки ее приложения, система приходит в движение из состояния покоя. Деформация пружины в момент начала движения равна нулю. При движении на шкив 3 действует постоянный момент М сил сопротивления (от трения в подшипниках).

Определить значение искомой величины в тот момент времени, когда перемещение S станет равным $S_1 = 0{,}2$ м. Искомая величина указана в столбце «Найти» таблицы, где обозначено: V_1, V_2, V_{C5} – скорости грузов 1, 2 и центра масс тела 5 соответственно, ω_3 и ω_4 – угловые скорости тел 3 и 4.

Все катки, включая и катки, обмотанные нитями (как, например каток 5 на схеме Д1.2), катятся по плоскостям без скольжения.

На всех рисунках не изображать груз 2, если $m_2 = 0$; остальные тела должны изображаться и тогда, когда их масса равна нулю.

Все необходимые данные представлены в табл.2.

Указания. Задача Д2 – на применение теоремы об изменении кинетической энергии системы. При решении задачи учесть, что кинетическая энергия Т системы равна сумме кинетических энергий всех входящих в систему тел. Эту энергию нужно выразить через ту скорость (линейную или угловую), которую в задаче надо определить. При вычислении Т для установления зависимости между скоростями точек тела, движущегося плоскопараллельно, или между его угловой скоростью и скоростью центра масс воспользоваться мгновенным центром скоростей (кинематика). При вычислении работы надо все перемещения выразить через заданное перемещение S_1, учтя что зависимость между перемещениями здесь будет такой же, как между соответствующими скоростями.

Пример. Механическая система (рис.4а) состоит из сплошного однородного цилиндрического катка 1, подвижного блока 2, ступенчатого шкива 3 с радиусами ступеней R_3 и r_3 и радиусом инерции относительно оси вращения ρ_3, блока 4 и груза 5 (коэффициент трения груза о плоскость равен f). Тела системы соединены нитями, намотанными на шкив 3. К центру Е блока 2 прикреплена пружина с коэффициентом жесткости c; ее начальная деформация равна нулю.

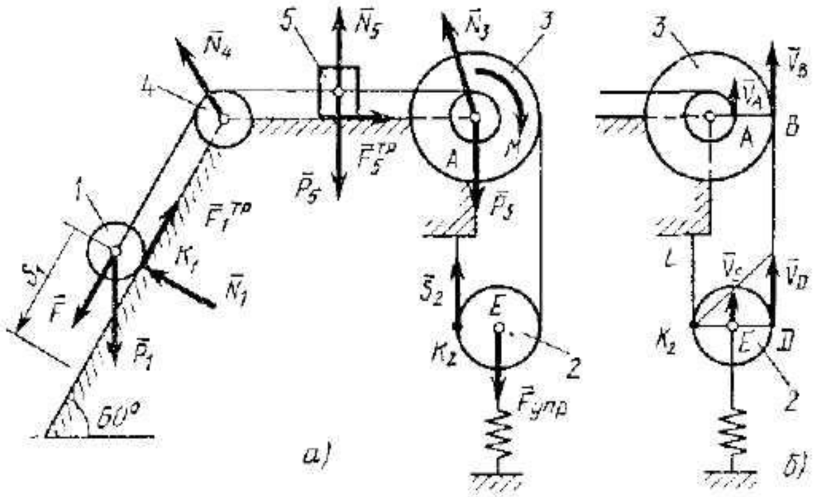

Рис. Д6

Рис.4. Схема механической системы

Система приходит в движение из состояния покоя под действием силы $F = f(S)$, зависящей от перемещения S точки ее приложения. На шкив 3 при движении действует постоянный момент M сил сопротивления.

Д а н о: $m_1 = 8$ кг, $m_2 = 0$, $m_3 = 4$ кг, $m_4 = 0$, $m_5 = 10$ кг, R_3=0,3 м, r_3 =0,1 м, ρ_3=0,2 м, f =0,1, c =240 Н/м, М =0,6 Н·м, $F = 20(3+2S)$ Н, S_1 =0,2 м.

О п р е д е л и т ь: ω_3 в тот момент времени, когда $S = S_1$.

Решение. 1. Рассмотрим движение неизменяемой механической системы, состоящей из весомых тел 1, 3, 5 и невесомых тел 2, 4, соединенных нитями. Изобразим действующие на систему внешние силы: активные $\overline{F}$, $\overline{F}_{упр}$, $\overline{P}_1$, $\overline{P}_3$, $\overline{P}_5$, реакции $\overline{N}_1$, $\overline{N}_3$, $\overline{N}_4$, $\overline{N}_5$, натяжение нити $\overline{S}_2$, силы трения $\overline{F}_1^{TP}$, $\overline{F}_5^{TP}$ и момент М.

Для определения ω_3 воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии:
$$T - T_0 = \sum A_k^e \qquad (35)$$

2. Определяем T_0 и T. Так как в начальный момент система находилась в покое, то T_0= 0. Величина T равна сумме энергий всех тел системы:
$$T = T_1 + T_3 + T_5. \qquad (36)$$

Учитывая, что тело 1 движется плоскопараллельно, тело 5 – поступательно, а тело 3 вращается вокруг неподвижной оси, получим
$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_{C1}^2 + \frac{1}{2} I_{C1} \omega_1^2; \qquad T_3 = \frac{1}{2} I_3 \omega_3^2; \qquad T_5 = \frac{1}{2} m_5 V_5^2 \qquad (37)$$

Все входящие сюда скорости надо выразить через искомую ω_3. Для этого предварительно заметим, что $V_{C1} = V_5 = V_A$, где А – любая точка обода радиуса r_3 шкива 3 и что точка K_1 – мгновенный центр скоростей катка 1, радиус которого обозначим r_1. Тогда
$$V_{C1} = V_5 = \omega_3 r_3; \qquad \omega_1 = \frac{V_{C1}}{K_1 C_1} = \frac{V_{C1}}{r_1} = \omega_3 \frac{r_3}{r_1} \qquad (38)$$

Кроме того, входящие в (37) моменты инерции имеют значения

$$I_{C1} = 0{,}5 m_1 r_1^2; \qquad I_3 = m_3 \rho_3^2 \tag{39}$$

Подставив все величины (38) и (39) в равенства (37), а затем, используя равенство (36), получим окончательно

$$T = (\frac{3}{4} m_1 r_3^2 + \frac{1}{2} m_3 \rho_3^2 + \frac{1}{2} m_5 r_3^2)\omega_3^2 \tag{40}$$

3. Теперь найдем сумму работ все действующих внешних сил при перемещении, которое будет иметь система, когда центр катка 1 пройдет путь S_1. Введя обозначения: S_5 – перемещение груза 5 ($S_5 = S_1$), φ_3 – угол поворота шкива 3, λ_0 и λ_1 – начальное и конечное удлинения пружин, получим

$$A(\overline{F}) = \int_0^{S_1} 20(3 + 2S)dS = 20(3S_1 + S_1^2); \qquad A(\overline{P}_1) = P_1 S_1 \sin 60^0;$$

$$A(\overline{F}_5^{TP}) = -F_5^{TP} S_5 = -fP_5 S_1; \qquad A(M) = -M\varphi_3;$$

$$A(\overline{F}_{упр}) = \frac{c}{2}(\lambda_0^2 - \lambda_1^2).$$

Работы остальных сил равны нулю, так как точки K_1 и K_2, где приложены силы $\overline{N}_1$, $\overline{F}_1^{TP}$, $\overline{S}_2$ – мгновенные центры скоростей; точки, где приложены силы $\overline{P}_3$, $\overline{N}_3$, $\overline{P}_4$ – неподвижны; а реакция $\overline{N}_5$ перпендикулярна перемещению груза.

По условиям задачи, λ_0=0. Тогда $\lambda_1 = S_E$, где S_E – перемещение точки Е (конца пружины). Величины S_E и φ_3 надо выразить через заданное перемещение S_1; для этого учтем, что зависимость между перемещениями здесь такая же, как и между соответствующими скоростями. Тогда так как $\omega_3 = V_A / r_3 = V_{C1} / r_3$ (равенство $V_{C1} = V_A$ уже отмечалось), то и $\varphi_3 = S_1 / r_3$.

Далее, из рис.4б видно, что $V_D = V_B = \omega_3 R_3$, а так как точка K_2 является мгновенным центром скоростей для блока 2 (он как бы «катится» по участку нити K_2L), то $V_E = 0{,}5V_D = 0{,}5\omega_3 R_3$; следовательно, и $\lambda_1 = S_E = 0{,}5\varphi_3 R_3 = 0{,}5 S_1 R_3 / r_3$. При найденных значениях φ_3 и λ_1 для суммы вычисленных работ получим

$$\sum A_k^e = 20(3S_1 + S_1^2) + P_1 S_1 \sin 60^0 - fP_5 S_1 - M\frac{S_1}{r_3} - \frac{c}{8}\frac{R_3^2}{r_3^2} S_1{}^2 \qquad (41)$$

Подставляя выражения (40) и (41) в уравнение (35) и учитывая, что $T_0 = 0$, придем к равенству

$$(\frac{3}{4}m_1 r_3^2 + \frac{1}{2}m_3\rho_3^2 + \frac{1}{2}m_5 r_3^2)\omega_3^2 =$$

$$\sum = 20(3S_1 + S_1^2) + P_1 S_1 \sin 60^0 - fP_5 S_1 - M\frac{S_1}{r_3} - \frac{c}{8}\frac{R_3^2}{r_3^2} S_1{}^2 \qquad (42)$$

Из равенства (42), подставив в него числовые значения заданных величин, найдем искомую угловую скорость ω_3.

О т в е т: ω_3=8,1 c^{-1}.

Таблица 2

Номер условия	m_1, кг	m_2, кг	m_3, кг	m_4, кг	m_5, кг	c, Н/м	М, Н·м	$F = f(S)$, Н	Найти
0	0	6	4	0	5	200	1,2	80(4+5S)	ω_3
1	8	0	0	4	6	320	0,8	50(8+3S)	V_1
2	0	4	6	0	5	240	1,4	60(6+5S)	V_2
3	0	6	0	5	4	300	1,8	80(5+6S0	ω_4
4	5	0	4	0	6	240	1,2	40(9+4S)	V_1
5	0	5	0	6	4	200	1,6	50(7+8S)	V_{C5}
6	8	0	5	0	6	280	0,8	40(8+9S)	ω_3
7	0	4	0	6	5	300	1,5	60(8+5S)	V_2
8	4	0	0	5	6	320	1,4	50(9+2S)	ω_4
9	0	5	6	0	4	280	1,6	80(6+7S)	V_{C5}

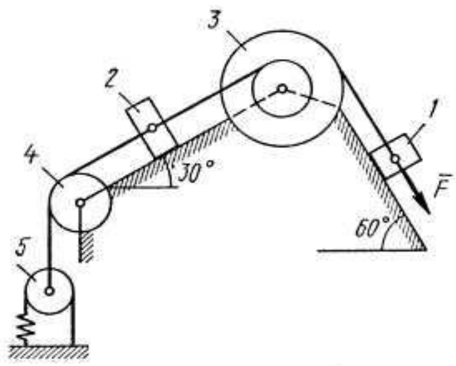

Схема Д2.0

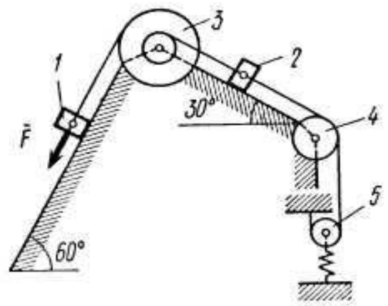

Схема Д2.1

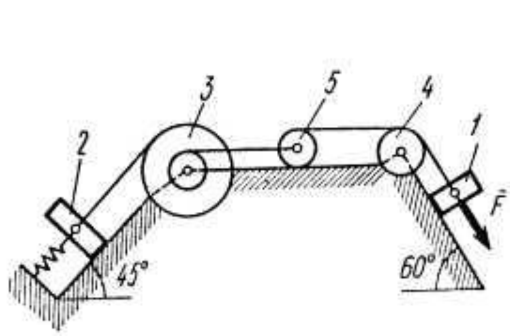

Схема Д2.2

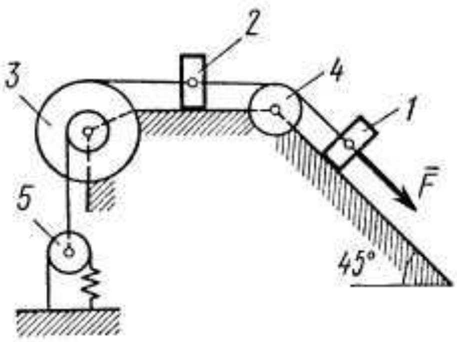

Схема Д2.3

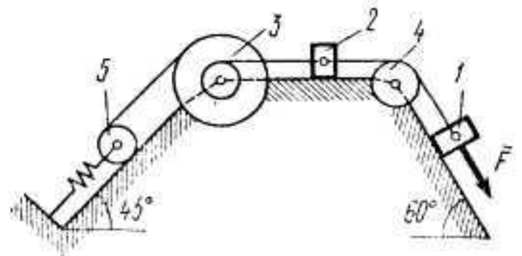

Схема Д2.4

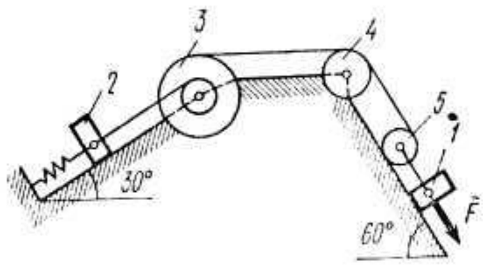

Схема Д2.5

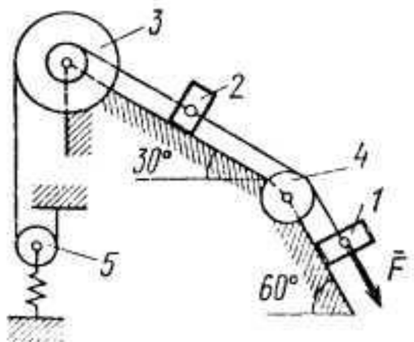

Схема Д2.6

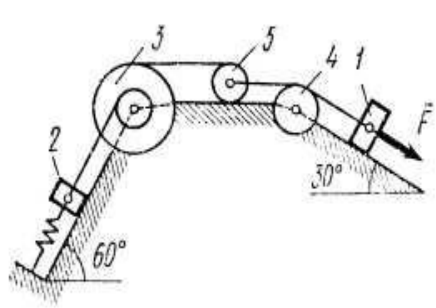

Схема Д2.7

Рис. 5. Схемы механических систем

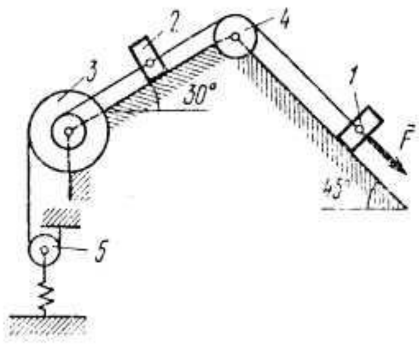

Схема Д2.8

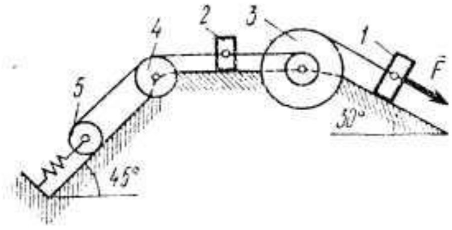

Схема Д2.9

Рис. 6. Схемы механических систем

Литература

1.Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие для техн. вузов / Яблонский А.А., Норейко С.С., Вольфсон С.А. и др. – М.: Высшая школа, 1985.

2. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука,1979.

3. Яблонский А.А. Курс теоретической механики :Учебник для втузов. – 5-6 изд., испр. – М.: Высшая школа, 1977.

4. Бать М.И. и др. Теоретическая механика в примерах и задачах. – М.: Наука, 1971.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ

МЕХАНИКА

Методические указания к выполнению контрольных работ
по курсу «Теоретическая механика» для студентов специальностей
100700, 250600, 100401 заочной формы обучения
Часть 2

Составила Жванько Юлия Александровна
Рецензент О.В. Виштак
Редактор Л.В. Максимова
Корректор Н.Т. Мальчикова

Подписано в печать		Формат 60х84 1/16
Бумага тип.	Усл. печ. л.	Уч. – изд. л.
Тираж 150 экз.	Заказ	Бесплатно

Саратовский государственный технический университет
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Копипринтер БИТТиУ, 413840, г. Балаково, ул. Чапаева, 140