Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Министерство образования и науки Кыргызской Республики

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

Естественно-технический факультет

Кафедра механики и приборостроения им. Я.И. Рудаева

Фонд
оценочных средств

по дисциплине «**Аналитическая механика**»

Направление подготовки
15.03.03 – РФ, 650500 – КР Прикладная механика
профиль Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Квалификация выпускника
бакалавр

2023

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки «Прикладная механика» по дисциплине «*Аналитическая механика*».

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании кафедры механики и приборостроения им. Я.И. Рудаева

протокол № 1 от 30.08.2023 г.

Заведующий кафедрой механики и приборостроения им. Я.И. Рудаева

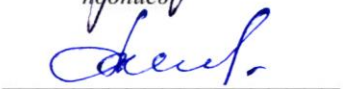


подпись Джаманкулов А.К.

Исполнители:



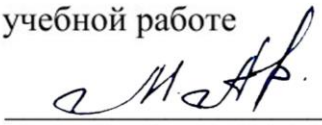
Профессор, к.т.н. *подпись* Еремьянц В.Э.



Доцент, к.т.н. *подпись* Джаманкулов А.К.

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель декана по учебной работе



подпись Алсеитов М.Т.

Аналитическая механика

Контрольные вопросы для проверки на степень обученности ЗНАТЬ:

1. Механические связи и их классификация.
2. Действительные и виртуальные скорости и перемещения.
3. Виртуальная работа.
4. Обобщенные координаты и обобщенные силы.
5. Методы определения обобщенных сил.
6. Принцип возможных перемещений.
7. Условие равновесия системы.
8. Признаки устойчивости состояния равновесия.
9. Принцип Даламбера.
10. Кинетическая, потенциальная и полная энергия системы при колебаниях.
11. Вязкое и сухое трение, их характеристики.
12.Параметрические колебания и параметрический резонанс.
13. Поперечные колебания стержня под действием гармонической продольной силы.
14. Устойчивость движения. Приближенное определение границ зон устойчивости.
15. Автоколебания, вызываемые скачком силы трения.
16. Незатухающие колебания при постоянной силе трения.
17. Явление раскачки колебаний.
18. Особенности амплитудно-частотных характеристик нелинейных систем
19. Потери энергии на внутреннее трение и конструкционный гистерезис

УМЕТЬ:

20. Малые колебания математического маятника (точное и приближенное решение).
21. Свободные колебания системы с одной степенью свободы при силах, пропорциональных перемещению.
22. Представление движения системы на фазовой плоскости.
23.Свободные колебания системы с вязким трением.
24. Логарифмический декремент колебаний и его определение.
25. Свободные колебания системы с сухим трением. Метод припасовывания.
26. Коэффициент поглощения и его связь с декрементом колебаний.
27. Энергетический метод определения закона затухания колебаний.
28. Общее уравнение динамики.
29. Уравнение Лагранжа второго рода.
30. Функция Лагранжа и силовая функция.
31. Уравнение Лагранжа в случае потенциальных сил.

ВЛАДЕТЬ:

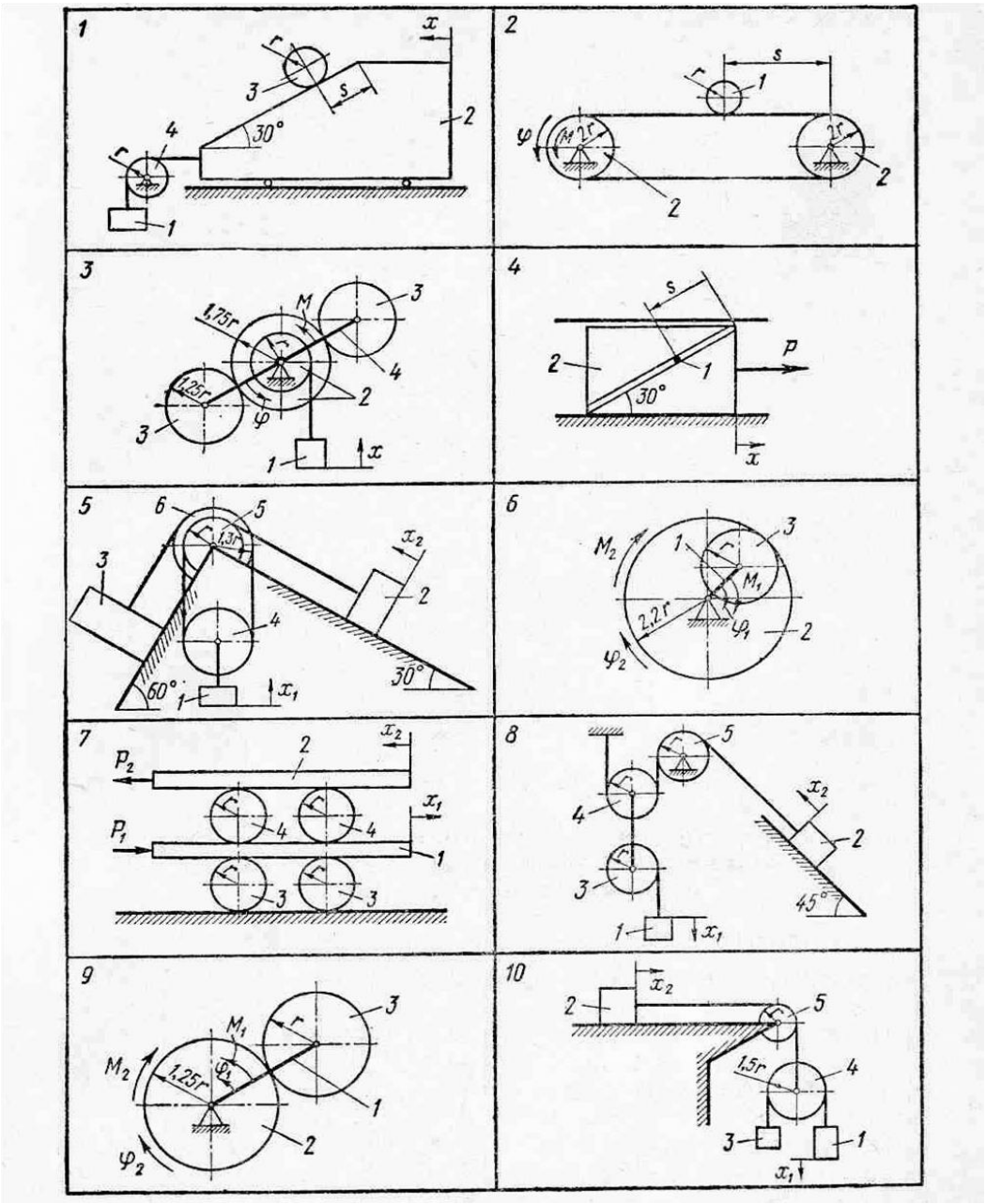
32. Вынужденные колебания системы без трения с одной степенью свободы.
33. Вынужденные колебания системы с вязким трением.
34. Переходной и установившийся режим движения системы.
35. Амплитудно-частотная характеристика системы.
36. Явления резонанса и биения при колебаниях.
37. Линеаризация нелинейных упругих сил методом Чебышева.
38. Кусочно-линейные системы, методы построения их скелетных кривых
39. Построение амплитудно-частотной характеристики нелинейной системы методом гармонического баланса.
40. Определение предельных амплитуд колебаний методом энергетического баланса.

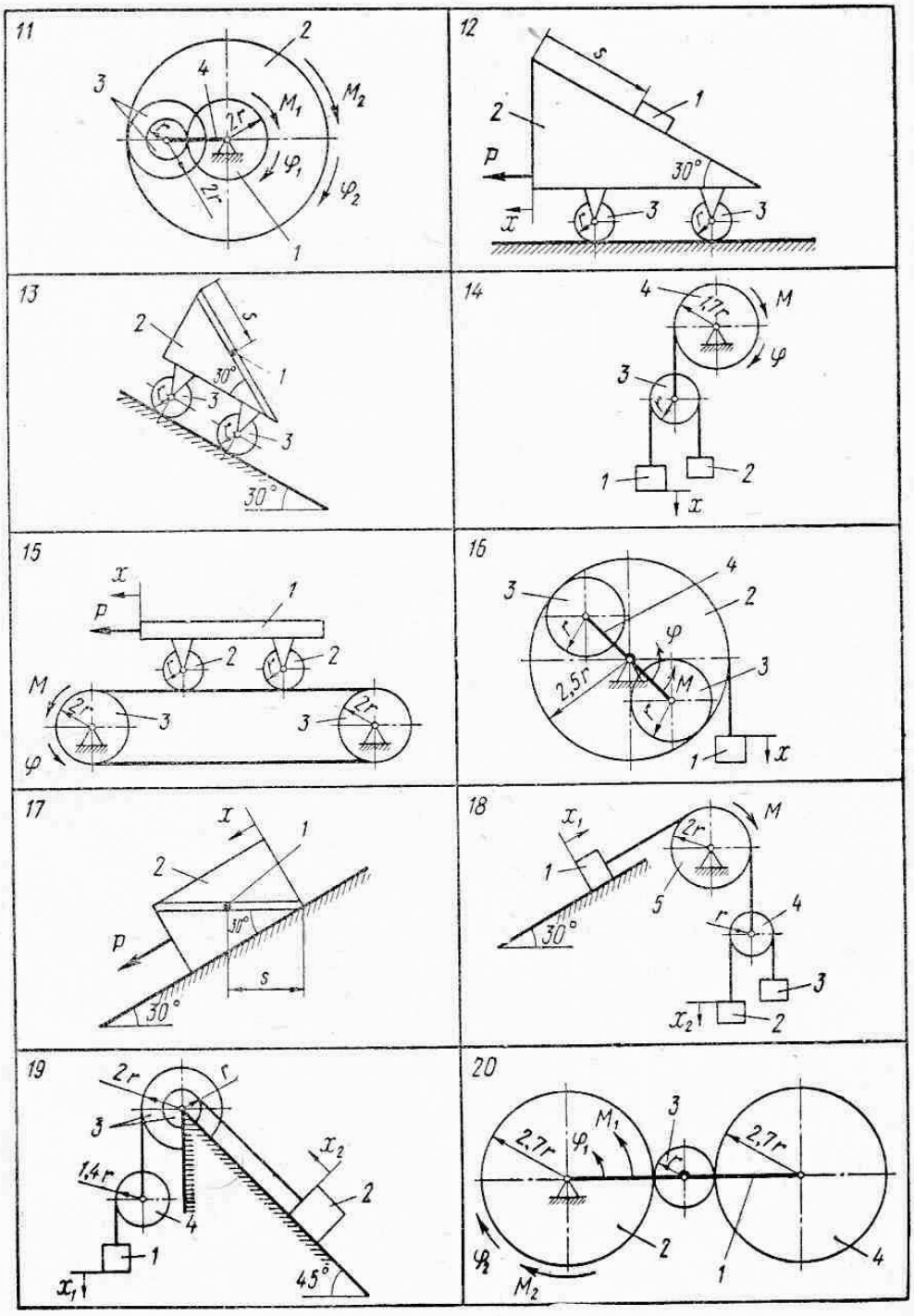
Расчетно-практическая работа 1

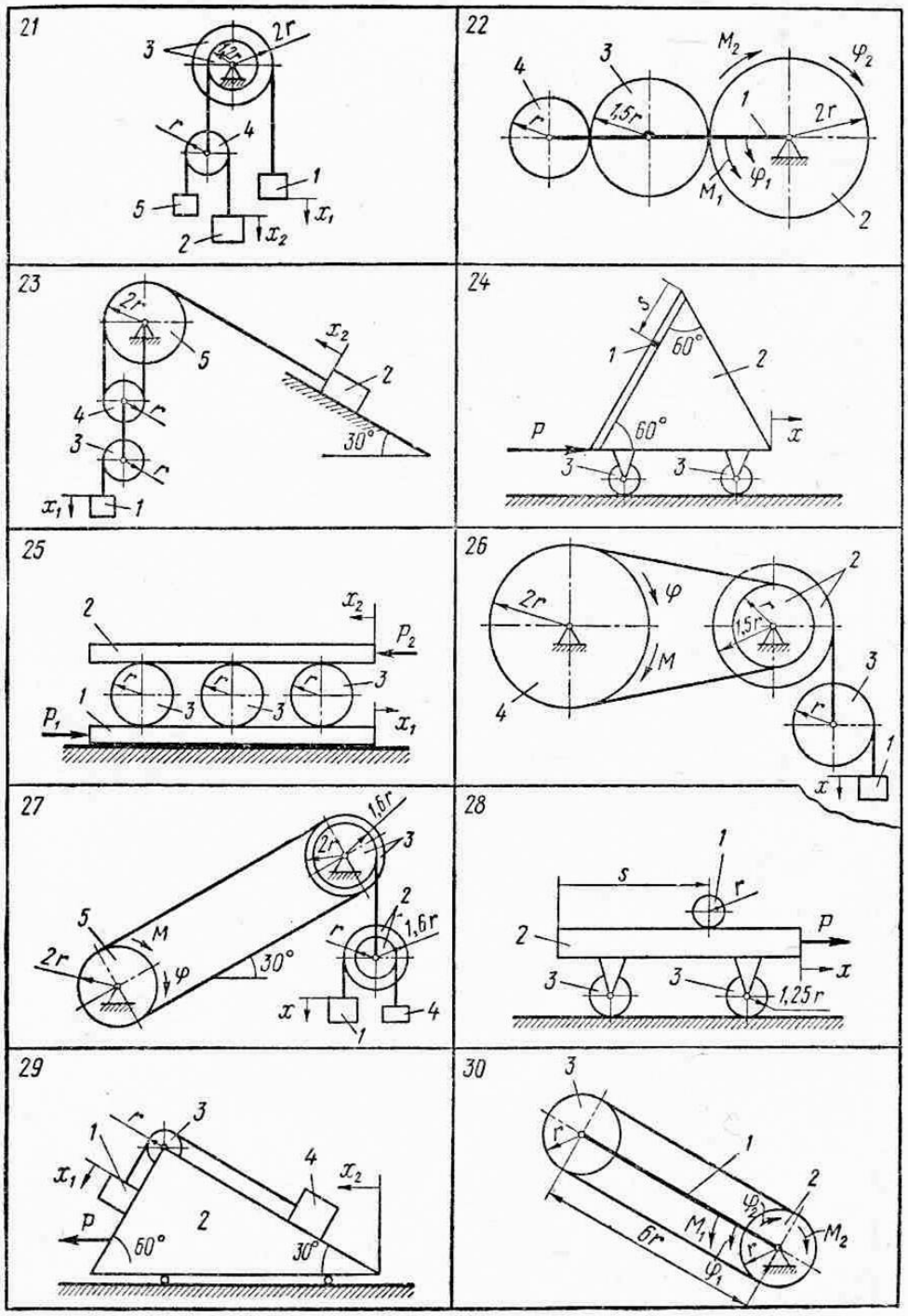
Применение общего уравнения динамики и уравнения Лагранжа второго рода к исследованию движения системы с двумя степенями свободы [Л2.3]

Механическая система тел движется под воздействием постоянных сил P и пар сил с моментами M или только сил тяжести. Параметры системы приведены в таблице.

Найти уравнения движения системы в обобщенных координатах q_1 и q_2 при заданных начальных условиях, представленных в таблице. Там же указаны рекомендуемые обобщенные координаты. При решении задачи массами нитей пренебречь. Считать, что качение колес происходит без проскальзывания. Трение качения и силы сопротивления в подшипниках не учитывать. Колеса, для которых в таблице радиусы инерции не указаны, считать сплошными однородными дисками. Водила (кривошипы) рассматривать как тонкие однородные стержни. Принять, что в вариантах 6, 9, 11, 20, 22, 30 механизм расположен в горизонтальной плоскости.




11
12
13
14
15
16
17
18
19
20


21
2r
3
r
4
5
1
2
x_1
x_2
22
M_2
φ_2
4
3
r
1,5r
1
2r
φ_1
M_1
2
23
2r
5
x_2
2
4
r
3
r
30°
x_1
1
24
s
1
60°
2
P
60°
x
3
3
25
2
x_2
P_2
r
r
r
3
1
3
3
P_1
x_1
26
2
2r
φ
r
1,5r
M
3
4
r
1
x
27
1,5r
2r
3
2
5
M
r
1,6r
2r
φ
30°
x
1
4
28
1
s
r
P
2
x
3
3
1,25r
29
r
3
1
x_1
4
x_2
P
2
60°
30°
30
3
r
1
2
φ_2
M_1
r
M_2
6r
φ_1

Номер варианта (рис. 213—215)	Массы тел					Радиус инерции*		Силы P	Моменты M	Коэффициент		Обобщенные координаты		Начальные условия				Дополнительные данные
	1	2	3	4	5	i_{2x}	i_{3x}			трения скольжения	вязкого сопротивления**	q_1	q_2	q_{10}	q_{20}	$\dot{q}_{10}$	$\dot{q}_{20}$	
1	$2m$	$6m$	m	m	—	—	—	—	—	—	—	x	s	0	0	0	0	
2	m	$3m$	—	—	—	—	—	—	M	—	—	φ	s	0	s_0	0	0	Массу ленты не учитывать
3	m	$3m$	$2m$	—	—	$r\sqrt{2}$	—	—	M	—	—	φ	x	0	0	0	0	Момент M приложен к водилу
4	m	$4m$	—	—	—	—	—	P	—	0	b	x	s	0	0	$\dot{x}_0$	0	*1* — материальная точка
5	m	$2m$	$4m$	$2m$	$2m$	—	—	—	—	f	—	x_1	x_2	0	0	0	0	Блоки *5* и *6* насажены на общую ось свободно, их массы одинаковы
6	m	$2m$	$3m$	—	—	$2r$	—	—	M_1, M_2	—	—	φ_1	φ_2	0	0	0	0	Момент M_1 приложен к водилу
7	$3m$	$3m$	m	m	—	—	—	P_1, P_2		—	—	x_1	x_2	0	0	0	0	
8	m	$2m$	$2m$	$2m$	$2m$	—	—	—	—	f	—	x_1	x_2	0	0	$\dot{x}_{10}$	0	
9	m	$2m$	$3m$	—	—	—	—	—	M_1, M_2	—	—	φ_1	φ_2	0	0	0	0	Момент M_1 приложен к водилу
10	$2m$	$2m$	m	$2m$	m	—	—	—	—	f	—	x_1	x_2	0	0	0	$\dot{x}_{20}$	
11	m	$3m$	$2m$	m	—	$4r$	$r\sqrt{2}$	—	M_1, M_2	—	—	φ_1	φ_2	0	0	0	0	
12	$2m$	$5m$	m	—	—	—	—	P	—	f	—	x	s	0	s_0	0	0	
13	m	$3m$	$2m$	—	—	—	—	—	—	—	b	x	s	0	0	0	$\dot{s}_0$	*1*—материальная точка
14	$2m$	m	m	$2m$	—	—	—	—	M	—	—	φ	x	0	0	0	$\dot{x}_0$	
15	$3m$	m	$2m$	—	—	—	—	P	M	—	—	φ	x	0	0	0	0	Массу ленты не учитывать
16	$2m$	$3m$	$2m$	m	—	$2r$	—	—	M	—	—	φ	x	0	0	0	$\dot{x}_0$	Момент M приложен к водилу

Номер варианта (рис. 213—215)	Массы тел					Радиус инерции*		Силы P	Моменты M	Коэффициент		Обобщенные координаты		Начальные условия				Дополнительные данные
	1	2	3	4	5	i_{2x}	i_{3x}			трения скольжения	вязкого сопротивления**	q_1	q_2	q_{10}	q_{20}	$\dot{q}_{10}$	$\dot{q}_{20}$	
17	m	$3m$	—	—	—	—	—	P	—	0	b	x	s	0	s_0	0	0	*1*—материальная точка
18	$2m$	$2m$	m	m	$3m$	—	—	—	—	f	—	x_1	x_2	0	0	0	0	
19	$2m$	$2m$	$3m$	m	—	—	$r\sqrt{2}$	—	—	f	—	x_1	x_2	0	0	$\dot{x}_{10}$	0	
20	$2m$	$3m$	m	$3m$	—	—	—	—	M_1, M_2	—	—	φ_1	φ_2	0	0	0	0	Момент M_1 приложен к водилу
21	$2m$	$2m$	$3m$	$2m$	m	—	$r\sqrt{2}$	—	—	—	—	x_1	x_2	0	0	$\dot{x}_{10}$	0	
22	m	$3m$	$2m$	m	—	—	—	—	M_1, M_2	—	—	φ_1	φ_2	0	0	0	0	Момент M_1 приложен к водилу
23	$2m$	m	m	m	$3m$	—	—	—		f	—	x_1	x_2	0	0	0	$\dot{x}_{20}$	
24	m	$3m$	m	—	—	—	—	P	—	—	b	x	s	0	s_0	0	0	*1*—материальная точка
25	$2m$	$2m$	m	—	—	—	—	P_1, P_2	—	f	—	x_1	x_2	0	0	0	0	
26	m	$3m$	$2m$	$3m$	—	r	—	—	M	—	—	φ	x	0	0	0	$\dot{x}_0$	
27	$2m$	$2m$	$3m$	m	$2m$	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{3}$	—	M	—	—	φ	x	0	0	0	0	
28	m	$3m$	m	—	—	—	—	P	—	—	—	x	s	0	0	0	$\dot{s}_0$	
29	$2m$	$4m$	m	m	—	—	—	P	—	f	—	x_1	x_2	0	0	$\dot{x}_{10}$	0	
30	$3m$	$2m$	$2m$	—	—	—	—	—	M_1, M_2	—	—	φ_1	φ_2	0	0	$\dot{\varphi}_{10}$	0	

* Радиус инерции тела *2* или *3* относительно центральной оси, перпендикулярной к плоскости чертежа.

** Коэффициентом вязкого сопротивления назван коэффициент пропорциональности в выражении силы сопротивления относительному движению тел *1* и *2* $\vec{R} = -b\vec{v}$, где $\vec{v}$ — относительная скорость тел.

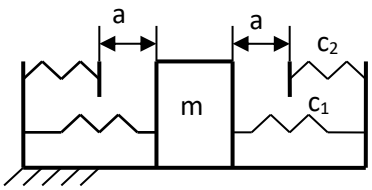
Расчетно-практические задания

Задание 1

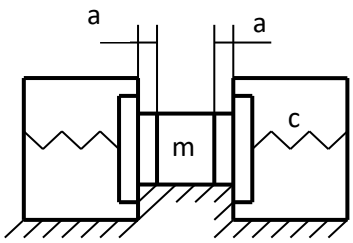
Тема: Построение скелетной кривой нелинейной системы методом припасовывания.
Содержание задания:
1. Для заданной механической системы, используя исходные данные вычертить диаграмму характеристики сил, действующих на массу при её свободных колебаниях.
2. Используя метод припасовывания построить скелетную кривую амплитудно-частотной характеристики системы.

Срок выполнения – две недели

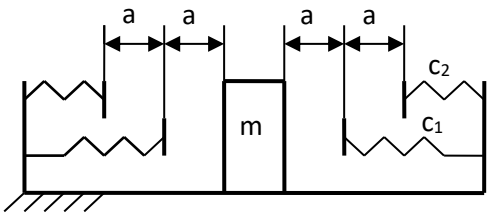
Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



Исходные данные

Вариант	1					2					3				
	а	б	в	г	д	а	б	в	г	д	а	б	в	г	д
m, кг	1,0	1,5	2,0	0,5	2,5	2,0	3,0	1,0	2,5	0,5	3,0	4,0	2,0	1,0	1,5
a, мм	10	8	12	20	25	15	6	14	10	12	8	12	16	20	10
c_1, кН/м	10	20	20	10	15	25	30	40	15	20	10	50	40	20	30
c_2, кН/м	50	75	30	20	40	–	–	–	–	–	40	80	25	50	60
δ, мм	–	–	–	–	–	5	8	12	10	6					

Примечание, для варианта 2 «δ» – предварительная деформация пружины.

Литература

1. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 480 с.
2. Еремьянц В.Э., Рудаев Я.И., Тютюкин Г.В. Аналитическая динамика и теория колебаний. Учебное пособие. Часть 1. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2014. – 197 с.

Задание 2

Тема: Определение предельных амплитуд колебаний нелинейной системы методом энергетического баланса.

Содержание задания:

1. Для одномассовой системы с нелинейной упругой связью, описываемой функцией

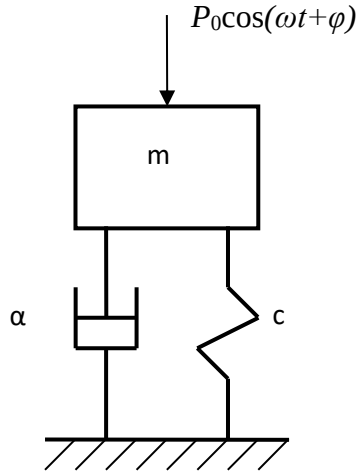
$\boldsymbol{F(x) = c_0x+c_1x^3}$, демпфирующей связью с коэффициентом вязкого сопротивления $\boldsymbol{\alpha}$ и внешней действующей силой, изменяющейся по закону
$\boldsymbol{P = P_0\cos(\omega t+\varphi)}$ построить скелетную кривую амплитудно-частотной характеристики, используя метод гармонического баланса.

2. Построить кривую энергетического баланса и определить максимально возможные резонансные амплитуды колебаний системы.

При решении задачи ограничиться первой гармоникой разложения функции в ряд Фурье.

Срок выполнения – две недели

Расчетная схема



Исходные данные

Вариант	1					2					3				
	а	б	в	г	д	а	б	в	г	д	а	б	в	г	д
m, кг	1	2	3	4	5	2	1	2	3	1	2	1	4	2	3
c_0, кН/м	10	5	15	20	25	5	30	14	10	20	18	25	16	40	50
c_1, кН/м	–40	25	–25	50	–50	40	20	–40	100	50	200	120	300	–80	90
α, Нс/м	0,1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,01	0,02	0,04	0,08	0,1
P_0, кН	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5	0,2	0,1	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,6	0,2	0,5

Литература

1. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 480 с.

2. Еремьянц В.Э., Рудаев Я.И., Тютюкин Г.В. Аналитическая динамика и теория колебаний. Учебное пособие. Часть 1. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2014. – 197 с.