

Введение.

Представлены экзаменационные вопросы по программе вступительного испытания по специальной дисциплине для поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Содержание

Вступительный экзамен по теоретической механике	6
1 Кинематика точки. Траектория, скорость и ускорение точки. Скорость и ускорение точки в полярных координатах. Естественный трехгранник	6
2 Простейшие конечные перемещения твердого тела: поступательное, вращение, винтовое. Углы Эйлера. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки	7
3 Плоское движение твердого тела. Мгновенный центр скоростей. Мгновенный центр ускорений	8
4 Сложное движение точки. Скорости и ускорения точек при сложном движении	9
5 Сложение мгновенных вращений твердого тела вокруг пересекающихся осей. Угловая скорость твердого тела – скользящий вектор. Кинематические уравнения Эйлера	10
6 Сложение вращений твердого тела вокруг параллельных осей. Пара вращений. Сложение мгновенно поступательного и вращательного движений	11
7 Общий случай сложения нескольких мгновенных движений твердого тела. Приведение общего случая к случаям простейших мгновенных движений	12
8 Свободные и несвободные системы. Связи, их классификация. Системы голономные и неголономные. Возможные положения, скорости, ускорения и перемещения точек системы. Действительные и виртуальные перемещения. Число степеней свободы системы	13
9 Элементарная работа сил системы. Работа сил, приложенных к твердому телу. Идеальные связи. Силовая функция. Потенциал. Элементарная работа сил системы в обобщенных координатах. Обобщенные силы и их вычисление	14
10 Количество движения. Центр масс. Теорема об изменении количества движения системы в инерциальной системе отсчета. Теорема о движении центра масс	15
11 Момент инерции твердого тела относительно оси. Моменты инерции относительно параллельных осей; теорема Гюйгенса–Штейнера. Эллипсоид инерции. Свойства осевых моментов инерции	16
12 Момент количества движения (кинетический момент) системы относительно заданного центра. Кинетический момент системы для ее движения относительно центра масс. Теорема Кёнига о вычислении кинетического момента	17

13	Кинетическая энергия системы. Теорема Кёнига о вычислении кинетической энергии. Закон сохранения полной механической энергии	18
14	Задача двух тел. Уравнения движения. Интеграл площадей; второй закон Кеплера. Интеграл энергии. Интеграл Лапласа	19
15	Задача двух тел. Уравнение орбиты; первый закон Кеплера. Зависимость характера орбиты от величины начальной скорости. Третий закон Кеплера	20
16	Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси. Дифференциальные уравнения движения свободного твердого тела. Уравнения плоского движения твердого тела	21
17	Дифференциальные уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки. Динамические уравнения Эйлера	22
18	Случай Эйлера движения твердого тела вокруг неподвижной точки: регулярная прецессия в случае динамической симметрии тела; геометрическая интерпретация Пуансо	23
19	Общая постановка задачи о движении тяжелого твердого тела вокруг неподвижной точки. Дифференциальные уравнения Эйлера–Пуассона и их первые интегралы . .	24
20	Понятие о случаях интегрируемости Эйлера, Лагранжа и Ковалевской задачи о движении тяжелого твердого тела вокруг неподвижной точки	25
21	Вынужденная регулярная прецессия динамически симметричного твердого тела. Основная формула гироскопии. Понятие об элементарной теории гироскопов	26
22	Выражение реакций идеальных связей при помощи их уравнений и неопределенных множителей Лагранжа. Уравнения Лагранжа первого рода	27
23	Принцип Даламбера-Лагранжа (общее уравнение динамики) – необходимое и достаточное условие, выделяющее действительные движения системы из её кинематически возможных движений	28
24	Принцип виртуальных перемещений (общее уравнение статики) – необходимое и достаточное условие равновесия системы с идеальными удерживающими связями .	29
25	Общее уравнение динамики в обобщенных координатах. Уравнения Лагранжа второго рода	30
26	Разрешимость уравнений Лагранжа второго рода относительно обобщенных ускорений. Уравнения Лагранжа второго рода в случае потенциальных сил. Функция Лагранжа	31
27	Теорема об изменении полной механической энергии голономной системы. Случай консервативной системы. Гироскопические силы. Диссипативные силы, функция Рэля	32
28	Устойчивость равновесия. Теорема Лагранжа-Дирихле об устойчивости консервативной системы. Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость. Условия неустойчивости	33

29	Устойчивость по линейному приближению. Критерий Рауса-Гурвица. Критерий Михайлова	34
30	Малые колебания консервативной системы в окрестности устойчивого положения равновесия. Главные колебания и их механический смысл	35
31	Реакция линейной консервативной системы на периодическое воздействие. Резонанс	36
32	Вынужденные колебания линейных диссипативных систем. Частотные характеристики для уравнения второго порядка. Случай системы уравнений	37
33	Канонические уравнения Гамильтона. Преобразование Лежандра. Теорема Донкина. Физический смысл функции Гамильтона в случае консервативной системы. Интеграл Якоби	38
34	Первые интегралы уравнений движения. Циклические координаты. Обобщенно консервативные системы	39
35	Скобки Пуассона. Теорема Якоби-Пуассона	40
36	Вариационный принцип Гамильтона	41
37	Канонические преобразования. Критерий каноничности. Преобразование гамильтониана	42
38	Свободные канонические преобразования	43
39	Уравнение Гамильтона-Якоби. Полный интеграл. Теорема Якоби	44
40	Положения равновесия. Необходимое и достаточное условие равновесия	45
41	Устойчивость по Ляпунову. Устойчивость консервативных систем; теорема Лагранжа-Дирихле. Критерий Сильвестра	46
42	Устойчивость обращенного маятника	47
43	Исследование устойчивости неконсервативных систем по уравнениям первого приближения. Критерий Гурвица	48
44	Малые колебания консервативной системы с одной степенью свободы вблизи положения устойчивого равновесия. Линеаризация уравнения движения. Собственная частота колебаний	49
45	Потенциальная энергия предварительно напряженного упругого подвеса	50
46	Влияние диссипативных сил на свободные колебания системы с одной степенью свободы. Логарифмический декремент колебаний	51
47	Выбор оптимального демпфирования в колебательной системе с одной степенью свободы	52
48	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием произвольной вынуждающей силы. Интеграл Дюамеля. Импульсная переходная функция	53
49	Система защиты от ударного воздействия	54

50	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием гармонической силы. Метод комплексных амплитуд. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. Резонанс	55
51	Энергетические соотношения при вынужденных гармонических колебаниях системы с одной степенью свободы. Коэффициент поглощения энергии	56
52	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием периодической силы; условия возникновения резонансных колебаний	57
53	Система защиты от вибраций	58
54	Элементы теории виброизмерительных приборов	59
55	Метод гармонического баланса в задаче о свободных колебаниях системы с нелинейной упругой характеристикой. Гармоническая линеаризация	60
56	Вынужденные колебания системы с нелинейной упругой характеристикой под действием гармонической силы	61
57	Вынужденные колебания в системе с нелинейными силами сопротивления под действием гармонической силы	62
58	Автоколебания в механических системах	63
59	Малые колебания консервативной системы со многими степенями свободы вблизи положения устойчивого равновесия. Линеаризация уравнений движения	64
60	Свободные колебания консервативной системы со многими степенями свободы. Собственные частоты и формы главных колебаний	65
61	Положительность корней частотного уравнения. Ортогональность векторов форм колебаний. Модальная матрица	66
62	Колебания связанных маятников	67
63	Нулевые корни частотного уравнения. Крутильные колебания ротора	68
64	Колебания упругих систем. Матрица коэффициентов влияния. Обратный метод составления уравнений движения	69
65	Учёт сил трения при колебаниях системы со многими степенями свободы. Диссипативная функция	70
66	Влияние диссипативных сил на свободные колебания системы со многими степенями свободы	71
67	Малые диссипативные силы в системе со многими степенями свободы	72
68	Вынужденные колебания системы со многими степенями свободы под действием произвольных вынуждающих сил. Решение в главных координатах	73
69	Вынужденные колебания системы со многими степенями свободы под действием произвольных вынуждающих сил. Решение с помощью интеграла Дюамеля	74

70	Вынужденные колебания под действием гармонических сил. Метод комплексных амплитуд. Резонанс	75
71	Влияние малых диссипативных сил на резонансные колебания	76
72	Динамическое гашение колебаний	77
73	Критическая скорость вращающегося ротора	78
74	Гироскопические силы. Дифференциальные уравнения движения гироскопических систем	79
75	Собственные частоты и формы колебаний гироскопических систем	80
76	Дифференциальные уравнения малых колебаний гироскопического маятника	81
77	Решение дифференциальных уравнений малых колебаний гироскопического маятника	82
78	Продольные колебания стержней. Волновое уравнение. Граничные и начальные условия	83
79	Собственные частоты и формы продольных колебаний стержня. Ортогональность форм колебаний	84
80	Собственные частоты и формы свободных колебаний стержня с массой на конце	85
81	Вынужденные продольные колебания стержня; решение в виде ряда по формам свободных колебаний	86
82	Учет сил сопротивления при продольных колебаниях стержня	87
83	Дифференциальное уравнение изгибных колебаний стержня. Граничные и начальные условия	88
84	Собственные частоты и формы изгибных колебаний стержня. Ортогональность форм колебаний	89
85	Вынужденные изгибные колебания стержня; решение в виде ряда по формам свободных колебаний	90
86	Учет сил сопротивления при изгибных колебаниях стержня	91

Теоретическая механика, динамика машин
Подготовка к вступительному экзамену в аспирантуру

Муравцев А.А.¹

11 октября 2023 г.

Вступительный экзамен по теоретической механике

- 1 Кинематика точки. Траектория, скорость и ускорение точки. Скорость и ускорение точки в полярных координатах. Естественный трехгранник**

¹email: almuravcev@yandex.ru

2 Простейшие конечные перемещения твердого тела: поступательное, вращение, винтовое. Углы Эйлера. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки

3 Плоское движение твердого тела. Мгновенный центр скоростей. Мгновенный центр ускорений

4 Сложное движение точки. Скорости и ускорения точек при сложном движении

5 Сложение мгновенных вращений твердого тела вокруг пересекающихся осей. Угловая скорость твердого тела – скользящий вектор. Кинематические уравнения Эйлера

6 Сложение вращений твердого тела вокруг параллельных осей. Пара вращений. Сложение мгновенно поступательного и вращательного движений

7 Общий случай сложения нескольких мгновенных движений твердого тела. Приведение общего случая к случаям простейших мгновенных движений

8 Свободные и несвободные системы. Связи, их классификация. Системы голономные и неголономные. Возможные положения, скорости, ускорения и перемещения точек системы. Действительные и виртуальные перемещения. Число степеней свободы системы

9 Элементарная работа сил системы. Работа сил, приложенных к твердому телу. Идеальные связи. Силовая функция. Потенциал. Элементарная работа сил системы в обобщенных координатах. Обобщенные силы и их вычисление

10 Количество движения. Центр масс. Теорема об изменении количества движения системы в инерциальной системе отсчета. Теорема о движении центра масс

11 Момент инерции твердого тела относительно оси. Моменты инерции относительно параллельных осей; теорема Гюйгенса–Штейнера. Эллипсоид инерции. Свойства осевых моментов инерции

12 Момент количества движения (кинетический момент) системы относительно заданного центра. Кинетический момент системы для ее движения относительно центра масс. Теорема Кёнига о вычислении кинетического момента

13 Кинетическая энергия системы. Теорема Кёнига о вычислении кинетической энергии. Закон сохранения полной механической энергии

14 Задача двух тел. Уравнения движения. Интеграл площадей; второй закон Кеплера. Интеграл энергии. Интеграл Лапласа

- 15 Задача двух тел. Уравнение орбиты; первый закон Кеплера. Зависимость характера орбиты от величины начальной скорости. Третий закон Кеплера**

16 Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси. Дифференциальные уравнения движения свободного твердого тела. Уравнения плоского движения твердого тела

17 Дифференциальные уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки. Динамические уравнения Эйлера

**18 Случай Эйлера движения твердого тела вокруг неподвижной точки:
регулярная прецессия в случае динамической симметрии тела;
геометрическая интерпретация Пуансо**

19 Общая постановка задачи о движении тяжелого твердого тела вокруг неподвижной точки. Дифференциальные уравнения Эйлера–Пуассона и их первые интегралы

20 Понятие о случаях интегрируемости Эйлера, Лагранжа и Ковалевской задачи о движении тяжелого твердого тела вокруг неподвижной точки

21 Вынужденная регулярная прецессия динамически симметричного твердого тела. Основная формула гироскопии. Понятие об элементарной теории гироскопов

22 Выражение реакций идеальных связей при помощи их уравнений и неопределенных множителей Лагранжа. Уравнения Лагранжа первого рода

23 Принцип Даламбера-Лагранжа (общее уравнение динамики) – необходимое и достаточное условие, выделяющее действительные движения системы из её кинематически возможных движений

24 Принцип виртуальных перемещений (общее уравнение статики) – необходимое и достаточное условие равновесия системы с идеальными удерживающими связями

25 Общее уравнение динамики в обобщенных координатах. Уравнения Лагранжа второго рода

26 Разрешимость уравнений Лагранжа второго рода относительно обобщенных ускорений. Уравнения Лагранжа второго рода в случае потенциальных сил. Функция Лагранжа

27 Теорема об изменении полной механической энергии голономной системы. Случай консервативной системы. Гироскопические силы. Диссипативные силы, функция Рэля

28 Устойчивость равновесия. Теорема Лагранжа-Дирихле об устойчивости консервативной системы. Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость. Условия неустойчивости

**29 Устойчивость по линейному приближению. Критерий Рауса-Гурвица.
Критерий Михайлова**

30 Малые колебания консервативной системы в окрестности устойчивого положения равновесия. Главные колебания и их механический смысл

31 Реакция линейной консервативной системы на периодическое воздействие. Резонанс

32 Вынужденные колебания линейных диссипативных систем. Частотные характеристики для уравнения второго порядка. Случай системы уравнений

33 Канонические уравнения Гамильтона. Преобразование Лежандра. Теорема Донкина. Физический смысл функции Гамильтона в случае консервативной системы. Интеграл Якоби

**34 Первые интегралы уравнений движения. Циклические координаты.
Обобщенно консервативные системы**

35 Скобки Пуассона. Теорема Якоби-Пуассона

36 Вариационный принцип Гамильтона

37 Канонические преобразования. Критерий каноничности.
Преобразование гамильтониана

38 Свободные канонические преобразования

39 Уравнение Гамильтона-Якоби. Полный интеграл. Теорема Якоби

40 Положения равновесия. Необходимое и достаточное условие равновесия

41 Устойчивость по Ляпунову. Устойчивость консервативных систем; теорема Лагранжа-Дирихле. Критерий Сильвестра

42 Устойчивость обращенного маятника

43 Исследование устойчивости неконсервативных систем по уравнениям первого приближения. Критерий Гурвица

44 Малые колебания консервативной системы с одной степенью свободы вблизи положения устойчивого равновесия. Линеаризация уравнения движения. Собственная частота колебаний

45 Потенциальная энергия предварительно напряженного упругого подвеса

46 Влияние диссипативных сил на свободные колебания системы с одной степенью свободы. Логарифмический декремент колебаний

47 Выбор оптимального демпфирования в колебательной системе с одной степенью свободы

48 Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием произвольной вынуждающей силы. Интеграл Дюамеля. Импульсная переходная функция

49 Система защиты от ударного воздействия

50 Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием гармонической силы. Метод комплексных амплитуд. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. Резонанс

51 Энергетические соотношения при вынужденных гармонических колебаниях системы с одной степенью свободы. Коэффициент поглощения энергии

52 Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием периодической силы; условия возникновения резонансных колебаний

53 Система защиты от вибраций

54 Элементы теории виброизмерительных приборов

55 Метод гармонического баланса в задаче о свободных колебаниях системы с нелинейной упругой характеристикой. Гармоническая линеаризация

56 Вынужденные колебания системы с нелинейной упругой характеристикой под действием гармонической силы

57 Вынужденные колебания в системе с нелинейными силами сопротивления под действием гармонической силы

58 Автоколебания в механических системах

59 Малые колебания консервативной системы со многими степенями свободы вблизи положения устойчивого равновесия. Линеаризация уравнений движения

60 Свободные колебания консервативной системы со многими степенями свободы. Собственные частоты и формы главных колебаний

61 Положительность корней частотного уравнения. Ортогональность векторов форм колебаний. Модальная матрица

62 Колебания связанных маятников

63 Нулевые корни частотного уравнения. Крутильные колебания ротора

**64 Колебания упругих систем. Матрица коэффициентов влияния.
Обратный метод составления уравнений движения**

65 Учёт сил трения при колебаниях системы со многими степенями свободы. Диссипативная функция

66 Влияние диссипативных сил на свободные колебания системы со многими степенями свободы

67 Малые диссипативные силы в системе со многими степенями свободы

68 Вынужденные колебания системы со многими степенями свободы под действием произвольных вынуждающих сил. Решение в главных координатах

69 Вынужденные колебания системы со многими степенями свободы под действием произвольных вынуждающих сил. Решение с помощью интеграла Дюамеля

70 Вынужденные колебания под действием гармонических сил. Метод комплексных амплитуд. Резонанс

71 Влияние малых диссипативных сил на резонансные колебания

72 Динамическое гашение колебаний

73 Критическая скорость вращающегося ротора

74 Гироскопические силы. Дифференциальные уравнения движения гироскопических систем

75 Собственные частоты и формы колебаний гироскопических систем

76 Дифференциальные уравнения малых колебаний гироскопического маятника

77 Решение дифференциальных уравнений малых колебаний гироскопического маятника

78 Продольные колебания стержней. Волновое уравнение. Граничные и начальные условия

**79 Собственные частоты и формы продольных колебаний стержня.
Ортогональность форм колебаний**

80 Собственные частоты и формы свободных колебаний стержня с массой на конце

81 Вынужденные продольные колебания стержня; решение в виде ряда по формам свободных колебаний

82 Учет сил сопротивления при продольных колебаниях стержня

**83 Дифференциальное уравнение изгибных колебаний стержня.
Граничные и начальные условия**

84 Собственные частоты и формы изгибных колебаний стержня. Ортогональность форм колебаний

85 Вынужденные изгибные колебания стержня; решение в виде ряда по формам свободных колебаний

86 Учет сил сопротивления при изгибных колебаниях стержня