

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Новосибирский государственный технический университет»

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник ОПКВК

В.П. Драгунов

2022 г.



ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по специальности

1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин

Новосибирск

2022

Программа обсуждена на заседании ученого совета факультета летательных аппаратов
протокол № 1 от 27 января 2022 г.

Программу разработал

д.т.н., профессор



К.А. Матвеев

Декан ФЛА,

д.т.н., профессор

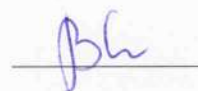


С.Д. Саленко

Ответственный за основную

образовательную программу

д.т.н., профессор



В.Е. Левин

Введение

В основу программы вступительных испытаний положены следующие вузовские дисциплины, соответствующих государственному образовательному стандарту по направлению «Прикладная механика»: теоретическая механика, теория колебаний, динамика машин, теория упругости; теория пластичности; теория ползучести и вязкоупругости; механика разрушения.

1. Теоретическая механика

1. Масса системы, центр масс (тяжести), способы его определения. Моменты инерции относительно оси и центра, их свойства. Тензор инерции, его свойства. Теорема Гюйгенса-Штейнера для осевых и центробежных моментов. Момент инерции относительно произвольной оси, проходящей через данную точку. Главные и главные центральные оси инерции, их свойства. Осевые моменты инерции простейших тел, примеры.
2. Основные законы механики Галилея-Ньютона. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых, естественных и полярных осях. Задачи динамики. Динамика относительного движения. Эйлеровы силы инерции. Условие инерциальности системы координат. Условие относительного покоя.
3. Количество движения системы как мера. Теоремы о движении центра масс и об изменении количества движения и их следствия. Кинетический момент как мера. Теорема об изменении кинетического момента системы. Теорема Кёнига для кинетического момента. Кинетическая энергия как мера. Теорема об изменении кинетической энергии.
4. О Принципах динамики. Принцип Д'Аламбера. Метод кинетостатики. Главный вектор и главный момент сил инерции, их вычисление для простейших движений ТТ. Принцип Лагранжа-Д'Аламбера. Возможные и виртуальные перемещения точки и системы. Динамический и статический Принцип возможных перемещений. Общее уравнение статики и динамики. Обобщение координаты и силы. Уравнения движения в обобщенных силах. Ковариантные формы уравнения движения. Уравнения Лагранжа 2-го рода. Уравнения Нильсена, уравнения Аппеля. Электромеханические аналогии. Уравнения Лагранжа-Максвелла.
5. Вычисление скоростей точек ТТ при плоском движении. Мгновенный центр скоростей и способы его определения. Вычисление ускорений точек ТТ при плоском движении. Плоское движение как сложение вращений вокруг параллельных и антипараллельных осей. Метод Виллиса.
6. Сферическое движение как сложение вращений вокруг пересекающихся. Способ задания. Углы Эйлера. Вычисление угловых скоростей через углы Эйлера и их производные. Вычисление линейных скоростей и ускорений точки ТТ. Сложное движение точки, постановка задачи, основные определения. Переносное и относительное движение как составляющие абсолютного. Теорема о сложении скоростей. Теорема Кориолиса о сложении ускорений.

2. Теория колебаний, динамика машин

1. Кинетический потенциал, канонические преобразования канонические уравнения Гамильтона уравнения Рауса. Циклические координаты принцип Гамильтона основной интегральный инвариант Пуанкерэ-Картана уравнения Уиттекера и Якоби. Устойчивость равновесия и движения линейное приближение уравнений асимптотическая устойчивость теоремы в устойчивости.

2. Динамический гаситель колебаний. Вариационный принцип Гамильтона. Задача о собственных крутильных колебаниях вала. Изгибно-крутильный флаттер прямого крыла. Изменение частот системы после наложения связей. Изменение частот системы после увеличения жесткости или уменьшения массы. Метод Ритца в задаче об изгибных колебаниях балки. Метод Галеркина в задаче об изгибных колебаниях балки. Общее уравнение динамики. Ортогональность собственных векторов. Резонанс в системах с одной и несколькими степенями свободы. Собственные колебания прямоугольных, круглых и кольцевых пластин. Собственные колебания стержней. Флаттер элементов конструкции.
3. Асимптотический метод Крылова-Боголюбова-Митропольского. Вариационный метод Ритца в задачах о колебаниях пластин. Вариационный метод Бубнова-Галеркина в задачах о колебаниях пластин. Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Разложение по формам собственных колебаний. Колебания систем с конечным числом степеней свободы. Главные координаты.
4. Математический маятник, колебания с затуханием, резонанс. Свойства ортогональности собственных векторов (форм колебаний). Собственные колебания прямоугольной пластины. Собственные колебания круглой пластины. Принцип гармонического баланса. Фазовая плоскость динамических систем. Понятие предельного цикла. Поперечные колебания прямых стержней. Условия ортогональности собственных форм. Вынужденные колебания диссипативной системы с несколькими степенями свободы под действием гармонической силы.

3. Теория упругости

1. Теория напряженного и деформируемого состояний. Тензоры деформации Грина и Альманси, тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгоффа. Малые деформации и малые вращения. Обоснование линеаризации тензоров деформаций.
2. Потенциальная энергия деформации упругого тела. Закон Гука для изотропного и анизотропного тела. Тензор упругих постоянных. Полная система уравнений теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Уравнения в перемещениях. Постановка задач теории упругости. Теоремы существования и единственности.
3. Вариационные принципы теории упругости. Принцип Лагранжа. Теорема Клапейрона. Теорема Бетти. Принцип Кастильяно. Вариационные методы решения задач теории упругости. Метод Ритца. Метод Бубнова-Галеркина.
4. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Функция напряжений. Дифференциальные уравнения и краевые условия для функции напряжений. Теорема Мориса Леви. Методы решения плоских задач. Применение теории функции комплексного переменного. Формулы Колосова-Мусхелишвили. Применение интегралов типа Коши. Методы решения краевых задач для комплексных потенциалов. Действие штампа на полуплоскость, плоскость с отверстием и разрезом.
5. Допущения классической теории тонких упругих оболочек. Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Соотношения упругости. Потенциальная энергия деформации. Полная система уравнений теории оболочек. Безмоментная теория. Краевые эффекты в оболочках.
6. Температурные задачи теории упругости. Основные уравнения термоупругости. Методы решения задач термоупругости.
7. Динамические задачи теории упругости. Распространение волн в неограниченной упругой среде. Продольные и поперечные волны. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява. Сферические волны. Собственные частоты упругих тел. Формула Рэлея.

4. Теория пластичности

1. Модели упругопластического тела. Постулаты теории пластичности. Деформационная теория. Теория пластического течения. Методы решения задач теории пластичности с упрочнением и идеальная пластичность. Разгрузка. Остаточные напряжения. Условия на границе упругой и пластической областей. Задача о кручении, о нагружении внутренним давлением цилиндра и поллой сферы.
2. Модель жесткопластического тела. Вариационные принципы для предельного состояния. Определение верхней и нижней границ для предельной нагрузки.
3. Плоская задача теории пластичности. Уравнения плоской задачи. Характеристики и линии скольжения. Случай плоской деформации и плоского напряженного состояния. Задача о штампе и полосе с выточками.

5. Теория ползучести и вязкоупругости

1. Понятие о ползучести и релаксации. Определяющие соотношения теории ползучести. Ползучесть в случае сложного напряженного состояния изотропного тела. Теория старения, теория течения и теория упрочнения. Постановка задач теории ползучести. Вариационные принципы. Установившаяся ползучесть при чистом изгибе. Ползучесть вращающихся дисков.
2. Теория линейной вязкоупругости. Использование механических моделей. Спектры времен релаксации и последействия. Дифференциальная и интегральная форма соотношений между напряжениями и деформациями. Различные типы ядер в интегральных соотношениях. Принцип температурно-временного соответствия. Постановка и методы решения задач теории вязкоупругости. Принцип Вольтерра. Применение преобразования Лапласа. Понятие о нелинейных моделях наследственных сред.

6. Механика разрушения

1. Квазихрупкое и вязкое разрушение. Феноменологические теории прочности. Линейная механика квазихрупкого разрушения. Напряжения вблизи трещин в упругом теле. Энергетический и силовой подходы в механике разрушения.
2. Условия разрушения тел с трещинами. Устойчивая и неустойчивая трещина. Критический коэффициент интенсивности напряжений. Инвариантные интегралы. Учет пластической деформации в конце трещины. Характеристики раскрытия трещины.
3. Применение механики разрушения к задачам усталостного разрушения. Теория накопления повреждений. Разрушение в условиях ползучести.

7. Правила аттестации

Оценка знаний поступающего в аспирантуру осуществляется в виде экзамена в устной форме по билетам, составленным на основе представленных выше вопросов. Билет состоит из трех теоретических вопросов. По результатам ответа на вопросы по билету и при необходимости на дополнительные вопросы поступающий в аспирантуру может получить следующие оценки:

отлично – на все вопросы в билете даны правильные ответы, полностью раскрывающие суть вопросов, и на дополнительные вопросы, заданные комиссией поступающий в аспирантуру ответил правильно и полностью.

хорошо – на вопросы даны правильные, но не полные ответы. Раскрыта суть рассматриваемого процесса, но не приведены примеры. На дополнительные вопросы, заданные комиссией поступающий в аспирантуру ответил правильно и полностью.

удовлетворительно – только на два вопроса даны правильные ответы, но на дополнительные вопросы, заданные комиссией поступающий в аспирантуру ответил правильно и полностью.

неудовлетворительно – на вопросы по билету соискатель ответил неправильно.

Основная литература

Пестриков В.М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий : практикум / Виктор Пестриков, Евгений Морозов – СПб. : БХВ-Петербург, 2007, 452 с.

Черняк В. Г. Механика сплошных сред : [учебное пособие для вузов по направлению "Физика"] / В. Г. Черняк, П. Е. Суетин – М. : Физматлит , 2006, 352 с.

Прикладная теория пластичности : [учебное пособие для вузов по направлению 150300 - Прикладная механика / К. М. Иванов и др.] ; под ред. К. М. Иванова – СПб. : Политехника , 2009, 374, [1] с.

Теория упругости [Электронный ресурс] : 26 книг в PDF-формате. - Ижевск, 2005. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с контейнера.

Дополнительная литература

А.А.Ильюшин. Пластичность. М.: Наука, 1948.

В.Д.Клюшников. Математическая теория пластичности. М.:МГУ, 1949.

Г.И.Марчук. Методы вычислительной математики. М., 1977.

Е.М.Морозов, В.З.Партон. Механика упруго-пластического разрушения.

Н.И.Мусхелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966.

В.Новацкий. Теория упругости. М.: Мир, 1975.

В.В.Новожилов. Теория тонких оболочек.Л.:Судостроение,1962.

В.В.Новожилов. Теория упругости. Л., 1958.

Ю.Н.Работнов. Механика деформируемого твердого тела. М.,1979

Г.Стренг, Дж.Фикс. Теория конечных элементов. М.: Мир, 1977

Л.М.Качанов. Основы теории пластичности. М., 1969

Л.М.Качанов. Основы механики разрушения. М., 1974

Л.М.Качанов. Теории ползучести. М., ГИФЛМ., 1969