

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ЭКЗАМЕНА
В МАГИСТРАТУРУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ
15.04.03 «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»**

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика

1. Цели и задачи вступительных испытаний

Вступительные испытания предназначены для определения практической и теоретической подготовленности бакалавра и проводятся с целью определения соответствия знаний, умений и навыков студентов требованиям обучения в магистратуре по направлению 15.04.03 Прикладная механика.

2. Содержание вступительных испытаний

Оценка уровня знаний проводится в виде междисциплинарного вступительного экзамена. В основу программы вступительного экзамена положены квалификационные требования в области прикладной механики применительно к вопросам расчетов на прочность, долговечность и надежность элементов конструкций технических систем, предъявляемые к бакалаврам направления 15.03.03 Прикладная механика.

Вступительные испытания в магистратуру по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика проводятся по следующим разделам:

- оценка соответствия профиля и уровня полученного образования,
- подготовленность к научно-исследовательской работе.

Общая оценка подсчитывается по 100-балльной шкале как сумма баллов по всем разделам вступительных испытаний.

Математический и естественно-научный цикл

Раздел 1. «Математические методы механики»

- Комплексный анализ. Функции комплексной переменной, их пределы и непрерывность. Понятие о конформном отображении. Интеграл от функции комплексной переменной вдоль кривой, его свойства и вычисление в случае параметрического задания кривой. Теорема Коши.
- Операционное исчисление. Преобразование Лапласа, его свойства. Основные теоремы операционного исчисления. Изображение некоторых элементарных функций. Свёртка двух оригиналов, ее свойства. Преобразование Лапласа свёртки. Решение линейных дифференциальных уравнений и их систем операционным методом.
- Вариационное исчисление. Функционал, его вариация. Экстремум функционала; необходимое условие экстремума. Уравнение Эйлера. Частные случаи интегрируемости уравнения Эйлера. Функционалы от функций нескольких переменных.
- Уравнения математической физики. Физические задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям в частных производных. Постановка краевых задач для уравнения теплопроводности, уравнения Лапласа и волнового

уравнения. Неограниченная струна и формула Даламбера. Метод Фурье решения краевых задач для уравнения теплопроводности. Решение для случаев прямоугольной и круговой области.

Раздел 2. «Вероятностные и статистические методы в механике»

- Случайные события и вероятность события. Основные понятия.
- Понятие о генеральной совокупности и выборке.
- Функция распределения вероятностей случайной величины.
- Характеристики рассеяния случайной величины.
- Проверка статистических гипотез
- Гипотеза и критерий нормальности распределения вероятностей случайных величин.
- Статистическая обработка результатов прямых механических испытаний.
- Регрессионный и корреляционный методы анализа результатов механических испытаний.
- Вероятностные представления характеристик механических свойств материалов и элементов конструкций.
- Вероятностные методы расчетов на прочность.

Раздел 3. «Вычислительная механика и численные методы»

- Численное дифференцирование, интегрирование и интерполирование.
- Численные методы решения задач линейной алгебры.
- Методы решения нелинейных алгебраических уравнений и систем.
- Решение начальных и краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
- Разностные и вариационно-разностные схемы для уравнений в частных производных.
- Метод граничных элементов.
- Метод конечных элементов (МКЭ).
- Применение МКЭ к задачам механики.
- Общие подходы к построению МКЭ аппроксимаций.
- Современные алгоритмы и программные комплексы вычислительной механики.

Профессиональный цикл

Раздел 4. «Теория упругости и оболочек»

- Напряженное состояние. Тензор напряжений. Уравнения движения и равновесия в криволинейных, декартовых и цилиндрических координатах.
- Методы Лагранжа и Эйлера описания движения сплошной среды
- Тензоры деформаций. Малые деформации, их механический смысл. Соотношения Коши криволинейных, декартовых и цилиндрических координатах. Уравнения совместности деформаций.
- Физические соотношения теории упругости. Обобщенный закон Гука для изотропного тела.

- Постановка и общие методы решения задачи теории упругости. Основные уравнения. Граничные условия.
- Плоская задача теории упругости в декартовых координатах. Решение в полиномах и тригонометрических рядах. Функция Эри.
- Плоская задача теории упругости в полярных координатах. Функция напряжений в полярных координатах. Осесимметричные задачи.
- Деформированное состояние оболочки. Кинематические параметры, гипотеза прямой нормали.
- Тензоры погонных усилий и моментов. Внешние усилия и моменты. Функционал Лагранжа для оболочек.
- Оболочка Кирхгофа-Лява. Дополнительные гипотезы, начально-краевые задачи.
- Оболочка типа Тимошенко. Дополнительные гипотезы, начально-краевые задачи.

Раздел 5. «Усталость и разрушение элементов конструкций»

- Закономерности усталостного поведения материалов и методы определения характеристик сопротивления усталости
- Основные факторы, определяющие сопротивление усталости элементов конструкций.
- Методы оценки несущей способности и долговечности элементов конструкций при регулярном циклическом нагружении.
- Кинетика усталостного разрушения и основные модели накопления усталостных повреждений
- Характеристики переменной нагруженности деталей машин.
- Расчеты на выносливость при амплитудах напряжений, изменяющихся во времени.

Раздел 6. «Механика композиционных материалов (КМ)»

- Закономерности усталостного поведения материалов и методы определения характеристик сопротивления усталости
- Микромеханика КМ. Микроструктурные модели. Волокнистые ориентированные КМ.
- Особенности деформирования однонаправленного КМ. Задача о включении волокна в работу.
- Прочность волокна. Статистический характер прочности.
- Масштабный эффект прочности пучка при растяжении; прочность однонаправленного волокнистого КМ.
- Прочность композита вдоль волокон. Прочность композита поперек волокон.
- Концентрация напряжений в окрестности волокна.
- Структурные модели. Анализ особенностей структурных моделей. Модель КМ учитывающая разрушение матрицы.
- Основные концепции макромеханики композиционных материалов. Статические соотношения макромеханики. Геометрические соотношения макромеханики.

- Критерии прочности изотропных материалов. Критерии прочности КМ.

Раздел 7. «Динамика машин»

- Уравнения Лагранжа второго рода для голономных систем. Колебания линейных систем с конечным числом степеней свободы. Малые собственные колебания консервативных систем.
- Формула Релея. Определение собственных частот и форм колебаний и их свойства. Главные (нормальные) координаты.
- Вынужденные колебания линейных систем. Понятие о механизмах демпфирования.
- Критерии устойчивости линейных систем. Устойчивость периодических решений. Определение областей неустойчивости.
- Теория нелинейных колебаний. Методы малого параметра Крылова-Боголюбова, Ван-дер-Поля, гармонической линеаризации.
- Автоколебательные системы.
- Методы определения собственных частот и форм колебаний упругих систем.

Раздел 8. «Экспериментальные методы в динамике и прочности»

- Определение механических свойств материалов. Назначение и основные типы механических испытаний. Испытательные машины, установки и стенды.
- Методы анализа напряженно-деформированных состояний. Метод тензометрии. Поляризационно-оптический метод.
- Применение фотоупругих и лаковых тензочувствительных покрытий. Оптическая и голографическая интерферометрия.

Перечень вопросов для вступительных испытаний в магистратуру по направлению 15.04.03 «Прикладная механика»

1. Основные гипотезы и допущения в теории упругости. Основные принципы теории упругости.
2. Теория напряжений. Тензор напряжений. Главные напряжения. Экстремальные касательные напряжения.
3. Дифференциальные уравнения равновесия и движения. Напряжения на наклонных площадках. Граничные условия на поверхности тела.
4. Методы Лагранжа и Эйлера описания движения сплошной среды
5. Тензоры деформаций. Относительные линейные деформации в произвольном направлении и главные линейные деформации.
6. Малые деформации, их механический смысл. Формулы Коши. Уравнения совместности деформаций.
7. Обобщенный закон Гука. Закон Гука в обратной форме. Объемная деформация. Работа упругих сил. Потенциальная энергия деформации.
8. Постановка основных задач линейной теории упругости.
9. Уравнения статической теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами - Мичелла.
10. Единственность решения статических задач теории упругости.

11. Краевые задачи для плоской деформации
12. Краевые задачи для плоского напряженного состояния.
13. Постановка плоской задачи относительно функции Эри.
14. Постановка плоской задачи в комплексных потенциалах.
15. Теоремы взаимности работ (Бетти) и Клапейрона
16. Вариационные принципы и условия стационарности функционалов Лагранжа и Кастильяно.
17. Деформированное состояние оболочки. Кинематические параметры, гипотеза прямой нормали.
18. Тензоры погонных усилий и моментов. Внешние усилия и моменты. Функционал Лагранжа для оболочек.
19. Физические соотношения для оболочек. Частный случай изотропного материала.
20. Оболочка Кирхгофа-Лява. Дополнительные гипотезы, начально-краевые задачи.
21. Оболочка типа Тимошенко. Дополнительные гипотезы, начально-краевые задачи.
22. Начально-краевые задачи и функционал Гамильтона для пластин типа Тимошенко.
23. Начально-краевые задачи и функционал Гамильтона для пластин Кирхгофа.
24. Методы Ритца, Бубнова-Галеркина, Власова-Канторовича.
25. Метод конечных разностей, вариационно-разностный метод, метод прямых. Метод конечных элементов.
26. Критерии пластичности для изотропных материалов. Условия пластичности Треска-Сен-Венана, Мизеса-Губера-Генки. Сравнение условий пластичности.
27. Деформационная теория пластичности. Теория течения. Простое нагружение. Разгрузка. Определение остаточных напряжений и деформаций.
28. Основы численных методов. Погрешность математических операций.
29. Типы матриц, используемых при решении систем линейных алгебраических уравнений. Погрешность решения систем линейных алгебраических уравнений.
30. Вариационная формулировка краевых задач для линейных дифференциальных уравнений.
31. Метод конечных разностей. Разностные схемы. Консервативные разностные схемы.
32. Методы Рунге-Кутты.
33. Метод конечных элементов (МКЭ) и его применение к статическим и динамическим задачам механики.
34. Построение конечно-элементных схем в форме метода перемещений, метода сил, смешанного метода.
35. Основные соотношения МКЭ, построение матриц жесткости.
36. Типы конечных элементов.

37. Методы решения порожденных МКЭ систем алгебраических уравнений большой размерности.
38. Определение собственных частот и форм колебаний конструкций МКЭ. Обзор программных комплексов МКЭ.
39. Решение краевых задач теории упругости разностными методами.
40. Характеристики рассеяния механических свойств.
41. Генеральные и выборочные начальные моменты распределения.
42. Генеральные и выборочные центральные моменты распределения.
43. Функция распределения Вейбулла-Гнеденко. Смысл ее параметров.
44. Оценка числовых характеристик по экспериментальным данным. Вариационный ряд.
45. Доверительные интервалы для математического ожидания.
46. Доверительные интервалы для дисперсии.
47. Определение объема испытаний при оценке математического ожидания характеристики механических свойств материала.
48. Определение объема испытаний при оценке дисперсии характеристики механических свойств материала.
49. Критерий Смирнова для отбрасывания резко выделяющихся результатов испытаний.
50. Критерий равенства дисперсий двух генеральных нормально распределенных совокупностей. Критерий Фишера.
51. Критерий равенства дисперсий ряда генеральных нормально распределенных совокупностей на основании выборок одинакового объема. Критерий Кочрена.
52. Критерий равенства дисперсий ряда генеральных нормально распределенных совокупностей на основании выборок разного объема. Критерий Бартлета.
53. Критерий равенства математических ожиданий двух генеральных нормально распределенных совокупностей.
54. Критерий принадлежности двух независимых выборок единой генеральной совокупности. Критерий Колмогорова-Смирнова.
55. Критерий согласия Пирсона (χ^2) при проверке гипотезы о виде функции распределения.
56. Критерий согласия Колмогорова-Смирнова при проверке гипотезы о виде функции распределения.
57. Критерий согласия при проверке гипотезы о виде функции распределения.
58. Методика построения графика эмпирической функции распределения на вероятностной сетке.
59. Методика построения семейства квантильных кривых усталости.
60. Основные типы и свойства композиционных материалов. Особенности механического поведения композитов.
61. Правило смесей для основных механических характеристик композиционных материалов.

62. Симметрично армированные композиционные материалы. Нитяная модель.
63. Сдвиговой анализ разрушения волокнистого композита.
64. Концентрация напряжений и деформаций в окрестности волокна.
65. Статические соотношения макромеханики композитов.
66. Геометрические соотношения макромеханики композитов.
67. Физические соотношения для слоистых композиционных материалов и схема получения системы уравнений.
68. Критерии прочности для анизотропного и ортотропного материалов.
69. Критерии прочности для материалов с различными пределами прочности при растяжении-сжатии.
70. Методы оценки прочности слоев композиционных материалов.
71. Особенности деформирования слоистых КМ, связанные с разрушением связующего. Монолитность слоистого КМ при растяжении.
72. Явление усталости материалов. Механизм усталостного разрушения металлов.
73. Механизмы усталостного разрушения гетерогенных (композиционных) материалов.
74. Усталость и ресурс конструкции. Общие подходы к оценке ресурса, пути его повышения.
75. Определение характеристик сопротивления усталости. Кривая усталости. Методика ее построения. Уравнения кривых усталости.
76. Рассеяние характеристик сопротивления усталости.
77. Сопротивления усталости при несимметричных циклах нагружения. Диаграммы максимальных напряжений и предельных амплитуд.
78. Влияние конструкционных, технологических и эксплуатационных факторов на сопротивление усталости.
79. Явление концентрации напряжений. Градиент напряжений. Коэффициенты концентрации напряжений. Влияние концентрации напряжений на сопротивление усталости.
80. Эффект абсолютных размеров. Влияние масштабного фактора на сопротивление усталости.
81. Технологические факторы - состояние поверхности, гальванические и лакокрасочные покрытия, цементация, диффузионное хромирование, поверхностно-пластическое деформирование и др. и их влияние на сопротивление усталости.
82. Методы схематизации случайных процессов изменения нагрузок.
83. Использование метода полных циклов при оценке нагруженности элементов конструкций.
84. Схематизация случайных процессов нагружения методом «дождя».
85. Методы расчета по коэффициентам запаса при регулярной нагруженности. Учет асимметрии циклов нагружения. Формула Серенсена.
86. Расчеты на выносливость при одновременном действии нормальных и касательных напряжений.
87. Линейная теория накопления усталостных повреждений.

88. Расчет на выносливость по коэффициентам запаса при нерегулярном нагружении.
89. Особенности расчетов на выносливость композиционных материалов.
90. Живучесть элементов конструкций. Характеристики циклической трещиностойкости.
91. Диаграммы усталостного разрушения. Уравнение Пэриса.
92. Уравнения Лагранжа второго рода для голономных систем. Диссипативная функция Релея. Функция Гамильтона. Принцип Гамильтона—Остроградского.
93. Колебания линейных систем с конечным числом степеней свободы. Малые собственные колебания консервативных систем.
94. Формула Релея. Определение собственных частот и форм колебаний и их свойства. Главные (нормальные) координаты.
95. Вынужденные колебания линейных систем. Понятие о механизмах демпфирования.
96. Критерии устойчивости линейных систем. Устойчивость периодических решений. Определение областей неустойчивости.
97. Параметрические колебания.
98. Теория нелинейных колебаний. Методы малого параметра Крылова-Боголюбова, Ван-дер-Поля, гармонической линеаризации.
99. Автоколебательные системы.
100. Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний упругих стержней.
101. Вынужденные колебания упругих систем. Колебания диссипативных систем.
102. Определение механических свойств материалов. Назначение и основные типы механических испытаний. Испытательные машины, установки и стенды.
103. Методы анализа напряженно-деформированных состояний. Метод тензометрии. Поляризациино-оптический метод.
104. Применение фотоупругих и лаковых тензочувствительных покрытий. Оптическая и голографическая интерферометрия.

Основная литература

Раздел 1.

1. Мышкис А. Д. Математика для технических ВУЗов. Специальные курсы. СПб., Лань, 2009.
2. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. М., Наука, 2004.
3. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М., Высшая школа, 2006.
4. Будаков Б. М., Самарский А. А., Тихонов А. Н. Сборник задач по математической физике. М., Физматлит, 2004.

Раздел 2.

5. Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 1998, 576 с.

6. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1999, 479 с

7. Степнов М.Н, Шаврин А.В. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. М.:Машиностроение, 2005, 400 с.

Раздел 3.

8. Кукуджанов В.Н. Вычислительная механика сплошных сред. М., Физматлит, 2008, 567 с.

9. Шлянников В.Н. Вычислительная механика деформирования и разрушения. Уч. пособие.- Казань: Казан. Гос. Энерг. Университет, - 2010. – 250с.

Раздел 4.

10. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высшая школа, 2010, с.398,

11. Горшков А.Г., Рабинский Л.Н., Тарлаковский Д.В. Основы тензорного анализа и механика сплошной среды. – М.: Наука, 2000. – 214 с.

12. Амензаде Ю.А. Теория упругости. – М.: Высшая школа, 1976. - 272 с.

13. Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Тарлаковский Д.В. Теория упругости и пластичности. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 416 с.

14. Тарлаковский Д.В., Федотенков Г.В. Общие соотношения и вариационные принципы математической теории упругости: Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – 112 с.

15. Локтева Н.А., Тарлаковский Д.В., Федотенков Г.В. Плоские задачи теории упругости: Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2011. – 84 с.

16. Новожилов В.В., Черных К.Ф., Михайловский Е.И. Линейная теория тонких оболочек. – Л.: Политехника, 1991. – 656 с.

Раздел 5.

17. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М.:Машиностроение, 2009, 504 с.

Раздел 6.

18. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М., Машиностроение, 2009, 271с.

19. Композиционные материалы. Справочник. Под ред. В.В.Васильева, Ю.М.Тарнопольского. М., Машиностроение, 2010, 510с. –20экз.

Раздел 7.

20. Бабаков И.М. Теория колебаний. - М.: Дрофа, 2004.

21. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. - М.: Физматлит, 2005.

Раздел 8. «Экспериментальные методы в динамике и прочности»

22. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984.

Дополнительная литература

Раздел 1.

1. Сборник задач по математике для втузов. В 4-х частях. Ч. 3. Под ред. А. В. Ефимова, А. С. Поспелова. - М.: Физматлит, 2009.

2. Краснов М. Л., Макаренко Г. И., Киселев А. И. Вариационное исчисление. Задачи и примеры с подробными решениями. М, Либликом, 2010.

3. Горбачевич В. В., Осипенко К. Ю. Уравнения с частными производными первого порядка и классификация линейных уравнений второго порядка. Методическое пособие по курсу "Уравнения с частными производными". М., МАТИ, Каф. "Высш. мат.", 2001, с.1–15.

Раздел 2.

4. Селихов А.Ф., Чижов В.М. Вероятностные методы в расчетах прочности самолета. М.: Машиностроение, 2001, 238 с.

5. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. М.: Мир, 1980, 604 с.

6. Степнов М.Н. Вероятностные методы оценки характеристик механических свойств материалов. Новосибирск: Наука, 2005, 342 с.

Раздел 3.

7. Крылов О.В. Метод конечных элементов и его применение в инженерных расчетах: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2009. – 104с.

Раздел 4.

8. Зубчанинов В.Г. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высшая школа, 2008, 367 с.

9. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. – М.: Наука, 1963, 636 с.

10. Власов В.З. Общая теория оболочек. – М.;Л.: Гостехиздат, 1949, 784 с.

Раздел 5.

11. Хейвуд Р.Б. Проектирование с учетом усталости. М.: Машиностроение, 2008, 504 с.

Раздел 6.

12. Образцов И.Ф., Васильев В.В., Бунаков В.А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. М.:Машиностроение, 2008, 144 с.

Раздел 7.

13. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. М.: Высш. школа, 1972. Вибрации в технике: Справочник. В 6 т. М.: Машиностроение, 1999.

Раздел 8.

14. Тарнопольский Ю.М., Кинцис Т.Я. Методы статических испытаний армированных пластиков. М., Химия, 2008, 271 с.

Интернет-ресурсы

<http://window.edu.ru/> – Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».

<http://www.mathnet.ru/> – Общероссийский математический портал.

<http://mechmath.ipmnet.ru/> - сайт Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН.

<http://www.emomi.com> – сайт изучающим, преподающим и применяющим на практике инженерную механику.