

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**УТВЕРЖДЕНО**  
**приказом по ФИЦ КазНЦ РАН**  
**07.06.2019 № 25-А**

**Программа вступительных испытаний**

при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования –  
программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

по дисциплине: **Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры**

по направлению      01.06.01                      Математика и механика  
подготовки:

Рекомендовано к утверждению  
Ученым советом ИЭПТ –  
структурного подразделения  
ФИЦ КазНЦ РАН, протокол от  
10.04.2019 № 5

## **1. Пояснительная записка**

Программа вступительных испытаний при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по динамике, прочности машин, приборов и аппаратуры разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования уровней *специалист, магистр*.

Цель испытаний – определить способность поступающих использовать теории упругости, пластичности, прочности и колебаний при решении профессиональных задач.

Вступительные испытания по специальной дисциплине проводятся в устной форме по вопросам программы. Поступающим предлагаются два основных вопроса из программы, на подготовку ответов отводится один час, тезисы ответа записываются поступающими на бланках ответа. Помимо основных вопросов члены комиссии могут задать поступающим дополнительные вопросы, не требующие длительной подготовки.

## **2. Программа вступительных испытаний**

### **2.1. Теория упругости**

1. Тензоры напряжений и деформаций. Уравнения равновесия. Определение перемещений по деформациям.
2. Уравнения совместности деформаций. Потенциальная энергия деформации. Закон Гука для изотропного и анизотропного тела.
3. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения в перемещениях. Постановка основных задач теории упругости.
4. Вариационные принципы теории упругости. Принцип Лагранжа. Вариационные методы решения задач теории упругости (Ритца, Бубнова-Галеркина, Треффца).
5. Основные задачи теории упругости. Плоская деформация и плоское напряженное состояние.
6. Методы решения задачи теории упругости с помощью тригонометрических рядов, интегральных преобразований, конечных разностей.
7. Методы решения задач теории упругости методом конечных и граничных элементов.

### **2.2. Теория пластин и оболочек**

8. Допущения классической теории пластин и оболочек и связанная с ними погрешность. Основное уравнение изгиба пластин. Граничные условия.
9. Изгиб пластин, имеющих в плане форму прямоугольника, круга, кругового кольца.
10. Криволинейные координаты на срединной поверхности оболочки. Уравнения теории упругих оболочек. Внутренние усилия и моменты. Соотношения упру-

гости. Потенциальная энергия деформации. Граничные условия.

11. Безмоментная теория оболочек. Область применения. Осесимметричный изгиб оболочек вращения.

12. Уравнения теории пологих оболочек и область их применения.

13. Слоистые пластины и оболочки.

### **2.3. Теория пластичности**

14. Модели упругопластического тела. Критерии текучести. Поверхность текучести. Ассоциированный закон течения.

15. Деформационная теория пластичности

16. Сравнение теорий пластичности.

17. Постановка задач в теории упругопластического материала без упрочнения. Остаточные напряжения. Предельное состояние и предельная нагрузка.

18. Определение верхней и нижней границ для предельной нагрузки. Приспособляемость. Простейшие задачи теории пластичности.

### **2.4. Элементы теорий прочности и механики разрушения**

19. Физические основы прочности материалов. Вязкий и хрупкий типы разрушения. Прочность при сложном напряженном состоянии. Усталостное разрушение, его физическая природа.

20. Малоцикловая усталость. Длительная прочность. Статистические аспекты разрушения и масштабный эффект. Влияние концентрации напряжений на прочность.

21. Теория квазихрупкого разрушения. Напряжения вблизи трещины в упругом теле. Условия разрушения тел с трещинами условия устойчивости трещин.

22. Критический коэффициент интенсивности напряжений. Учет пластических деформаций в конце трещины. Закономерности роста усталостных трещин.

### **2.5. Теория колебаний**

23. Уравнения Лагранжа второго рода для голономных систем. Функция Гамильтона. Принцип Гамильтона-Остроградского.

24. Колебания линейных систем с конечным числом степеней свободы. Малые собственные колебания консервативных систем.

25. Формула Релея. Свойства собственных частот и форм колебаний.

26. Вынужденные колебания линейных систем.

### **2.6. Динамика упругих систем**

27. Принцип Гамильтона-Остроградского для упругих систем. Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний упругих стержней.

28. Уравнения колебаний упругих пластин и оболочек.

29. Свойства собственных форм и частот колебаний упругих систем.

30. Вариационные принципы в теории свободных колебаний.

31. Методы определения собственных частот и форм колебаний упругих систем.

32. Вынужденные колебания упругих систем. Колебания диссипативных систем.

## **2.7. Динамика машин, приборов и аппаратуры**

33. Усилия, действующие в машинах, и их передача на фундамент. Колебания вращающихся валов с дисками.

34. Влияние различных факторов (податливость опор, форма сечения вала, гироскопические эффекты, сила тяжести, различные виды трения и др.) на критические скорости.

35. Методы снижения виброактивности.

36. Уравновешивание роторных машин. Методы статической и динамической балансировки роторов.

37. Виброизоляция машин, приборов и аппаратуры. Активные и пассивные системы виброзащиты. Каскадная виброизоляция.

38. Виброакустика машин. Методы виброакустической защиты машин.

39. Ударные нагрузки. Определение коэффициентов динамичности при ударе. Защиты от ударных воздействий.

## **2.8. Экспериментальные методы исследований динамики и прочности**

40. Определение механических свойств материалов, назначение и основные типы механических испытаний. Испытательные машины, установки и стенды.

41. Методы анализа напряженно-деформированных состояний, метод тензометрии. Поляризационно-оптический метод.

42. Применение фотоупругих и лаковых тензочувствительных покрытий. Оптическая и голографическая интерферометрия.

## **2.9. Метод конечных элементов (МКЭ)**

43. Вариационно-энергетические подходы МКЭ.

44. Построение функций формы.

45. Основные соотношения метода перемещений теории упругости на матричной основе МКЭ.

46. Минимизация функционала потенциальной энергии деформируемой системы в задаче расчета прочности конструкции.

47. Динамические задачи МКЭ.

## **3. Рекомендуемая литература**

1. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. – М.: Высш. школа, 1972.

2. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.

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

4. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. – М.: Мир, 1987.

5. Вибрации в технике: Справочник. В 6 т. – М.: Машиностроение, 1999.

6. Демидов С.П. Теория упругости. – М.: Высш. школа, 1979.

7. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
8. Ильюшин А.А. Пластичность: основы общей математической теории. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 272 с.
9. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. – М.: Машиностроение, 1985.
10. Ляв А. Математическая теория упругости – М.: ОНТИ, 1935.
11. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975.
12. Новожилов В.В. Теория упругости. – С.: Судпромгиз, 1958.
13. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. – М.: Наука, 1985. – 504 с.
14. Подгорный А.Н. и др. Ползучесть элементов машиностроительных конструкций. – Киев: Наукова думка, 1984. – 262 с.
15. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988.
16. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
17. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Изд-во МГТУ, 1999.
18. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974. – 640 с.

#### **4. Критерии оценки знаний**

<b>Отлично</b>	Демонстрирует глубокие, специализированные знания по материалам дисциплины
<b>Хорошо</b>	Знает материал дисциплины, но допускает некоторые ошибки
<b>Удовлетворительно</b>	Демонстрирует фрагментарное, не систематическое знание материала дисциплины
<b>Неудовлетворительно</b>	Не имеет знаний по материалам дисциплины

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – *хорошо*.