

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**"Казанский (Приволжский) федеральный университет"**

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –  
проректор по научной деятельности

  
\_\_\_\_\_ Д.А. Таурский

« 30 \_\_\_\_\_ 2023 г.



**Программа вступительного испытания по специальности**

**Уровень высшего образования:** подготовка кадров высшей квалификации

**Тип образовательной программы:** программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Научная специальность:** 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела

**Форма обучения:** очная

### **Общие указания**

Вступительные испытания в аспирантуру по научной специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела охватывают стандартные разделы университетских курсов по механике деформируемого твердого тела. Также проверяются базовые компетенции математического аппарата. Вопросы и структура билетов для вступительного испытания приведены ниже.

### **Порядок проведения вступительных испытаний**

Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете по 2 вопроса. Экзамен проходит в письменной форме. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Задания оцениваются от 0 до 100 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов.

### **Критерии оценивания**

Оценка поступающему за письменную работу выставляется в соответствии со следующими критериями.

#### **Отлично (80-100 баллов)**

Поступающий обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, умение свободно выполнять задания, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной данной программой, усвоил взаимосвязь основных понятий физики в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

#### **Хорошо (60-79 баллов)**

Поступающий обнаружил полное знание вопросов физики, успешно выполнил предусмотренные тестовые задания, показал систематический характер знаний по физике и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

#### **Удовлетворительно (40-59 баллов)**

Поступающий обнаружил знание основ физики в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением тестовых заданий, знаком с основной литературой, рекомендованной данной программой, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

#### **Неудовлетворительно (менее 40 баллов)**

Поступающий обнаружил значительные пробелы в знаниях основ физики, допустил принципиальные ошибки в выполнении тестовых заданий и не способен продолжить обучение по физике.

## Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела

Теория деформации. Упругое перемещение. Компоненты малой деформации. Главные оси тензора деформации. Поверхность деформации. Уравнения неразрывности деформации. Анализ напряженного состояния. Внешние силы. Внутренние силы. Исследование напряженного состояния. Условие равновесия упругих сил, приложенных к граням вырезанного параллелепипеда. Граничные условия. Уравнения Бельтрами. Связи между напряжениями и деформациями. Энергия деформации. Закон Гука, Формулы Грина и Кастилиано. Плоская задача теории упругости. Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Функция напряжения Эри. Общее решение основных уравнений теории упругости. Кручение призматических стержней. Кручение круглого стержня. Кручение стержня прямоугольного сечения. Мембранная аналогия Прандтля. Изгиб консольной балки. Функции напряжений С.П. Тимошенко. Изгиб балки эллиптического сечения. Основные теоремы упругости. Теореме о минимуме энергии деформации. Теорема Бетти. Теореме о работе внешних сил. Основные вариационные принципы в теории упругости. Принцип Лагранжа. Принцип Кастилиано. Приближенные методы решения задач теории упругости. Метод Тимошенко – Ритца и метод Бубнова – Галеркина. Теория пластин и оболочек Основные уравнения равновесия элемента упругой тонкой оболочки. Безмоментная и моментная теории оболочек. Области их применимости. Нелинейная теория оболочек. Устойчивость тонкостенных конструкций. Поведение тонкостенных конструкций за пределами упругости. Вязкоупругие оболочки. Выпучивание пластин и оболочек.

Общая теория пластичности. Теория пластического течения и деформационная теория. Теорема о простом нагружении. Метод упругих решений. Постановка задач устойчивости пластин и оболочек за пределами упругости. Постановка задач о упругом равновесии идеально пластического тела. Теория пластичности Сен-Венана и Мизеса. Плоская задача теории пластичности. Уравнения плоской задачи. Характеристики и линии скольжения. Простейшие примеры полей скольжения. Случай плоской деформации и плоского напряженного состояния. Задача Прандтля. Понятие о ползучести и релаксации. Гипотезы старения, упрочнения и пластической наследственности. Уравнения теории ползучести. Ползучесть в случае объемного напряженного состояния изотропного тела. Деформационная теория и теория пластического течения. Теория ползучести стареющих сред. Постановка задач теории ползучести в случае трехосного напряженного состояния. Вариационные принципы. Плоская задача теории ползучести Теория старения. Теория упрочнения. Технологические задачи пластичности и ползучести.

Простейшие модели вязкоупругости: Максвелла, Фойгта, Кельвина. Дифференциальные и интегральные операторы вязкоупругости. Постановка задач линейной теории вязкоупругости. Использование механических моделей. Обобщенные модели. Спектры времен релаксации и последствия. Дифференциальная и интегральная формы соотношений между напряжениями и деформациями. Тепловыделение. Связанные задачи термовязкоупругости. Метод аппроксимаций. Метод численной реализации упругого решения.

Распространение волн в упругих изотропных и анизотропных средах. Поверхностные волны. Волны в слоистых средах. Дисперсия волн. Распространение волн связанных полях. Динамические задачи пластичности и вязкоупругости. Диссипация волн. Собственные и вынужденные колебания в сплошной среде.

Классическая теория прочности. Теория трещин. Меры повреждаемости. Статистические теории прочности. Теория надежности. Адгезионная прочность композитов. Термодинамические критерии прочности.

Определение эффективных свойств композита. Вилка Фойгта – Рейсса. Вариационный принцип Хашина – Штрикмана. Вилка Хашина – Штрикмана. Осреднение регулярных структур. Теория нулевого приближения. Осредненные упругие характеристики слоистого композита. Осредненные теплофизические характеристики. Волокнистые однонаправленные композиты. Эффективные свойства вязкоупругих композитов. Структурная анизотропия.

Метод аппроксимаций. Осреднение длинных волн. Распространение гармонических волн в анизотропных материалах. Гармонические волны в слоистых композитах. Волновой фильтр. Квазипериодические структуры. Задача о намотке. Критерии разрушения композитов. Эффективные свойства композита со сферическими включениями. Модель среды с малой объемной долей включений.

**Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы  
вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 1.1.8 Механика  
деформируемого твердого тела**

1. Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 281 с.
2. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 243 с.
3. Ильюшин А.А., Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 190 с.
4. Голованов А.И., Султанов Л.У. Математические модели вычислительной нелинейной механики деформируемых сред. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2009. – 465 с.
5. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Изд-во «Наука», 1979. – 643с.
6. Гловински Р., Лионс Ж.-П., Тремольер Р. Численное исследование вариационных неравенств. – М.: Мир, 1979. – 278 с.
7. Иоффе А.Д., Тихомиров В.М. Теория экстремальных задач. – М.: Изд-во «Наука», 1974. – 192 с.
8. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. – Л.: Судпромгиз, 1962. – 431 с.
9. Образцов И.Ф., Васильев В.В., Бунаков В.А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. – М.: Изд-во «Наука», 1977. – 310 с.
10. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. – М.: Изд-во «Наука», 1990. – 258 с.
11. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1974. – 326с.
12. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. – М.: Мир, 1981. – 403 с.
13. Коноплев Ю.Г., Бахтиева Л.У., Митряйкин В.И., Тазюков Ф.Х. Динамическая устойчивость пластин и оболочек. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2012. – 80 с.
14. Лейбензон Л.С. Теория упругости. – С-Пб.: ОГИЗ, 1947. – 464 с.
15. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.: Физматлит, 2004. – 480 с.
16. Муштари Х.М., Галимов К.З. Нелинейная теория упругих оболочек. – Казань: Татар. книгоиздат, 1957. – 431 с.
17. Качанов Л.М. Пластичность. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
18. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. – М.: Наука, 1966. – 752 с.
19. Соколовский В.В. Теория пластичности. – М.: Высш. школа, 1969. – 608 с.