

**Приложение 2**  
утверждено  
приказом ФИЦ КазНЦ РАН  
18.04.2022 № 9-А

### **Программа вступительного экзамена**

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

по дисциплине:

## **МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

### **1. Пояснительная записка**

Программа вступительного экзамена при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по механике деформируемого твердого тела разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования уровней *специалист, магистр*.

Цель испытаний – определить способность поступающих использовать теоретические основы разделов механики деформируемого твердого тела при решении профессиональных задач.

Вступительный экзамен по специальной дисциплине проводится 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**

#### **Раздел 1. 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 упругости. Исследование напряженного состояния в данной точке тела. 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 СП. 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 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.

## **Раздел 2. Пластичность и ползучесть**

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. Холодная и горячая осадка. Продольная прокатка. Прессование. Листовая штамповка. Магнитная пластичность.

## **Раздел 3. Термовязкоупругость**

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. Анизотропные среды. Вязкоупругость пьезоматериалов. Нелинейная термовязкоупругость.

## Раздел 4. Динамика и колебания

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

## Раздел 5. Механика разрушения

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

### 3. 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

- при поступлении в рамках контрольных цифр – *хорошо*
- при поступлении по договорам об оказании платных образовательных услуг – *удовлетворительно*

### 4. Рекомендуемая литература

1. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. - М.: Изд-во «Наука», 1990.-258 с.
2. Амензаде Ю.А. Теория упругости. М.: Высшая школа, 1971.
3. Гловински Р., Лионе Ж.-П., Трёмольер Р. Численное исследование вариационных неравенств. - М.: Мир, 1979. - 278 с.
4. Ильюшин А. А., Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. - М.: Изд-во МГУ, 1970. - 190 с.
5. Ильюшин А.А. Пластичность. - М.: Физматлит, 2004. - 480 с.
6. Иоффе А.Д., Тихомиров В.М. Теория экстремальных задач. - М.: Изд-во «Наука», 1974.-192 с.
7. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. - М.: Изд-во «Машиностроение», 1974.-326 с.
8. Качанов Л.М. Пластичность. - М.: Наука, 1969. - 420 с.

9. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. - М.: Мир, 1981. - 403 с.
10. Лейбензон Л.С. Теория упругости. - С-Пб.: ОГИЗ, 1947. - 464 с.
11. Муштари Х.М., Галимов К.З. Нелинейная теория упругих оболочек. - Казань: Татар, книгоиздат, 1957. -431 с.
12. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. -Л.: Судпромгиз, 1962. -431 с.
13. Образцов И.Ф., Васильев В.В., Бунаков В.А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. - М.: Изд-во «Наука», 1977. - 310 с.
14. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов. - М.: Изд-во МГУ, 1984. -243 с.
15. Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности. - М.: Изд-во МГУ, 1981.-281 с.
16. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. - М.: Изд-во «Наука», 1979.-643 с.
17. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. - М.: Наука, 1966. - 752 с.
18. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х томах. М.: Наука – Физматлит, 1976, 1995.
19. Соколовский В.В. Теория пластичности. - М.: Высш. школа, 1969. - 608 с.
20. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. М.: Наука, 1975.