

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. АЛЬ-ФАРАБИ

Утверждено на заседании
Академического комитета (НМС)
КазНУ им. аль-Фараби
протокол № _____
от _____ 2020 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ДОКТОРАНТУРУ PhD
ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ
«8D05403 - Механика»**

АЛМАТЫ 2020

Программа составлена в соответствии с Государственным общеобразовательным стандартом послевузовского образования. Программа составлена к.ф.-м.н., доц. Ракишевой З.Б.; д.ф.-м.н., проф. Минглибаевым М.Дж.; д.ф.-м.н., доц. Жилисбаевой К.С., к.ф.-м.н. Туралиной Д.Е.

Программа рассмотрена на заседании кафедры механики
Протокол № 36 от 21.04.2020 г.

Зав. кафедрой _____ Ракишева З.Б.

Одобрена на заседании методбюро механико-математического факультета
Протокол № 9 от 22.04.2020 г.

Председатель методбюро _____ Абдурахитова Г.А.

Утверждена на заседании Ученого совета
Протокол №10 от 24.04.2020 г.

Председатель Ученого совета,
декан факультета _____ Жакебаев Д.Б.

Ученый секретарь _____ Жүмәлі А.С.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи вступительного экзамена по специальности

1.1. Цель вступительного экзамена по специальности

Вступительный квалификационный экзамен по образовательной программе (ОП) «8D05403 - Механика» является формой входного контроля при поступлении в докторантуру PhD. Целью входного контроля является оценка качества профессиональной подготовки специалиста и выявление у абитуриентов в докторантуру по ОП «8D05403 - Механика» уровня научных и профессиональных знаний и навыков в области механики (научно-исследовательская и научно-изыскательная; проектно-конструкторская; производственно-технологическая; образовательная), степени владения магистром профессиональными компетенциями и готовности к дальнейшему профессиональному росту.

1.2. Задачи вступительного экзамена по специальности

В ходе экзамена выявляются:

- Знание абитуриентом фундаментальных основ механики, основных достижений и тенденций развития современной механики, технологии профессиональной и научной деятельности.
- Навыки решения стандартных научных и профессиональных задач; владение методами исследования характерных задач механики и прикладной математики; владение компьютерными методами решения задач, знание пакетов прикладных программ.
- Умение четко, ясно и логично выражать свои мысли в письменной форме и устной речи; умение применять полученные знания к решению практических задач; умение рассуждать и делать логические выводы.
- Умение анализировать и обрабатывать научно-техническую, естественнонаучную и общенаучную информацию, приводя ее к проблемно-задачной форме; проектировать свое дальнейшее профессиональное развитие.

Форма вступительного экзамена - письменный экзамен. Экзаменуемые записывают свои ответы на вопросы экзаменационного билета на листах ответов. В случае апелляции основанием для рассмотрения являются письменные записи в листе ответов.

2. Требования к уровню подготовки лиц, поступающих в докторантуру PhD

Абитуриент, поступающий в докторантуру PhD по образовательной программе «8D05403 - Механика», должен иметь фундаментальную научную и профессиональную подготовку, владеть современными знаниями в области механики, информационными технологиями, включая методы получения, обработки и хранения научной информации, уметь формулировать и решать современные научные и практические проблемы, планировать и вести научно-исследовательскую/экспериментально-исследовательскую

деятельность по избранной научной специальности, желательно иметь опыт преподавания в вузах, успешно осуществлять исследовательскую и управленческую деятельность. Хорошо владеть иностранным языком, научной терминологией по специальности; наличие международного сертификата приветствуется.

Для обучения в докторантуре PhD ОП «8D05403 - Механика» принимаются магистры по направлениям подготовки: «Естественные науки, математика и статистика», «Информационно-коммуникационные технологии», «Инженерные, обрабатывающие и строительные отрасли».

3. Пререквизиты образовательной программы

Для обучения в докторантуре по механике не требуются жесткие пререквизиты, обязательным условием для поступления являются хорошее знание математики, информатики, а также достаточно глубокие знания разделов механики и компьютерной механики.

Пререквизитами являются следующие дисциплины: «Современные проблемы механики» - 3 ECTS кредита, «Математический анализ» – 5 ECTS кредитов, «Программирование» – 5 ECTS кредитов.

4. Перечень экзаменационных тем

Раздел «Механика 1»

- 1. Предмет теоретической механики, основные понятия и определения.** Кинематика точки и твердого тела. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение в криволинейном движении. Разложение ускорения по осям естественного трехгранника.
- 2. Механическая система.** Поступательное движение абсолютно твердого тела. Вращательное движение абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорости и ускорения точек при вращении твердого тела.
- 3. Плоскопараллельное движение абсолютно твердого тела.** Скорости и ускорения точек плоской фигуры. Мгновенные центры скоростей и ускорений.
- 4. Движение твердого тела около неподвижной точки.** Углы Эйлера. Кинематические уравнения Эйлера. Теорема Эйлера – Даламбера. Скорости и ускорения точек тела, движущегося около неподвижной точки.
- 5. Сложное движение твердого тела.** Приведение системы скользящих векторов. Главный вектор и главный момент. Инварианты приведения системы скользящих векторов. Винт.
- 6. Движение свободного твердого тела.** Теорема Шаля. Скорости и ускорения точек свободного твердого тела.
- 7. Сложное движение точки.** Абсолютное, относительное, переносное движение. Теорема о сложении скоростей. Теорема Кориолиса.
- 8. Основные определения и аксиомы статики.** Момент силы относительно центра. Момент силы относительно оси.

9. **Система сходящихся сил.** Условия равновесия системы сходящихся сил. Система параллельных сил. Условия равновесия, эквивалентные условия равновесия. Центр тяжести. Методы нахождения центра масс.
10. **Теория пар.** Система сил, произвольно расположенных в пространстве. Условия равновесия для различных систем сил. Статически неопределенные системы.
11. **Динамика точки и системы материальных точек.** Прямолинейные колебания точки (гармонические, затухающие, вынужденные). Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.
12. **Общие теоремы динамики точки.** Основные динамические величины системы. Общие теоремы динамики системы.
13. **Виды связей.** Элементарная работа силы. Работа силы тяжести, силы упругости, силы трения. Основные понятия.
14. **Виртуальные и истинные перемещения.** Вариация координат. Число степеней свободы.
15. **Обобщенные координаты, скорости и силы.** Условия, налагаемые связями на вариации координат. Принцип возможных перемещений.
16. **Принцип Даламбера.** Общие теоремы, выводимые из принципа Даламбера. Принцип Даламбера-Лагранжа.
17. **Метод множителей Лагранжа.** Уравнения Лагранжа 1-го рода. Голономные и неголономные системы. Определение реакций с помощью уравнений Лагранжа 1-го рода.
18. **Уравнения Лагранжа II рода.** Уравнения Лагранжа для системы, находящейся под действием потенциальных сил. Функция Лагранжа. Интеграл энергии.
19. **Циклические координаты.** Метод игнорирования координат. Функция Рауса. Уравнения Рауса. Циклический интеграл.
20. **Канонические уравнения.** Канонические преобразования. Преимущества канонических уравнений.
21. **Геометрия масс.** Теорема Гюйгенса-Штейнера. Момент инерции относительно пересекающихся осей. Тензор и эллипсоид инерции. Главные оси инерции.
22. **Дифференциальные уравнения вращательного движения твердого тела.** Давление на ось. Плоскопараллельное движение абсолютно твердого тела.
23. **Движение абсолютно твердого тела, имеющего одну неподвижную точку.** Основные динамические величины. Теоремы Кенига. Динамические уравнения Эйлера.
24. **Общая постановка задачи о движении тяжелого твердого тела с неподвижной точкой.** Дифференциальные уравнения движения. Частные случаи интегрирования: случаи Эйлера, Лагранжа, Ковалевской.
25. **Каноническая теория возмущений.** Переменные Делоне, Андуайе. Переменные действие-угол.

Раздел «Механика 2»

1. **Предмет механики сплошной среды, основные проблемы и разнообразия ее приложений.** Различные свойства твердых, жидких и газообразных тел. Гипотеза сплошности.
2. **Элементы тензорного исчисления и анализа.** Основные дифференциальные операции над тензорами. Градиент, дивергенция, ротор, лапласиан.
3. **Кинематика сплошной среды.** Уравнения движения частиц сплошной среды. Методы Лагранжа и Эйлера изучения движения сплошной среды и их взаимосвязь. Скалярные и векторные поля и их основные характеристики. Траектория, линия тока, вихревая линия и их дифференциальные уравнения. Струя, трубка тока, вихревая трубка.
4. **Теория деформаций.** Коэффициент относительного удлинения. Тензор деформаций. Геометрический смысл его компонент. Инварианты тензора деформаций. Коэффициент объемного расширения. Условие совместности деформаций. Тензор скоростей деформаций. Формула и теорема Коши-Гельмгольца.
5. **Основные теорема и уравнение динамики сплошной среды.** Масса. Плотность среды. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности и переменных Лагранжа и Эйлера. Массовые и поверхностные силы. Тензор напряжений. Теорема об изменении количества движения среды. Уравнения динамики в “напряжениях”.
6. **Уравнения равновесия среды.** Теорема об изменении кинетического момента среды. Симметричный и несимметричный тензора напряжений. Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии среды.
7. **Классические модели сплошных сред.** Модель идеальной несжимаемой жидкости. Уравнения Эйлера. Модель идеального газа при баротропном процессе. Модель вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье – Стокса. Модель вязкого газа. Полная система уравнений.
8. **Модель упругого тела.** Уравнения состояния для изотермических и адиабатических процессов и обобщенный закон Гука. Полная система основных уравнений линейной теории упругости. Уравнения Ламе. Модель термоупругого тела. Закон Гука с учетом температурных напряжений. Модель идеального пластического тела.
9. **Основы гидростатики.** Уравнения равновесия жидкостей и газов. Равновесие в поле сил тяжести. Равновесие однородной несжимаемой тяжелой жидкости. Равновесие совершенного газа в поле сил тяжести. Закон Архимеда.
10. **Общая теория движения идеальных жидкостей и газа.** Уравнения движения идеальной среды в форме Громеки-Лемба. Теорема и интеграл Бернулли. Примеры приложения интеграла Бернулли.
11. **Уравнение энергии при адиабатическом движении идеального газа.** Энтальпия. Интеграл энергии и его приложение. Скорость

распространения малых возмущений в идеальном газе. Скорость звука. Формулы Ньютона и Лапласа. Число Маха.

12. **Одномерное стационарное движение идеального газа по трубе переменного сечения.** Элементарная теория сопла Лаваля. Пример плоской стационарной ударной волны. Уравнение Гюгонио.
13. **Безвихревое движение идеальной среды.** Потенциал скоростей. Интеграл Лагранж-Коши. Плоское безвихревое движение идеальной несжимаемой жидкости. Функция тока. Применение теоремы функции комплексных переменных. Комплексный потенциал. Примеры простейших течений.
14. **Динамика вязкой несжимаемой жидкости.** Уравнение Навье-Стокса динамики вязкой жидкости в безразмерных переменных. Безразмерные параметры и их смысл. Число Рейнольдса.
15. **Движение вязкой несжимаемой жидкости в круглой трубе.** Закон Пуазейля. Примеры простейших течений при малых числах Рейнольдса. Особенности течения при больших числах Рейнольдса. Понятие о пограничном слое. Уравнения Прандтля. Задача Блазиуса.
16. **Ламинарные и турбулентные движения.** Опыт Рейнольдса. Уравнение Рейнольдса осредненного турбулентного движения. Формула Буссинеска. Гипотеза Прандтля. Обзор других полуэмпирических теории турбулентности.
17. **Свойства изотропии и анизотропии.** Цилиндрическая анизотропия. Сферическая анизотропия.
18. **Основные задачи теории упругости.** Постановка задач линейной теории упругости в напряжениях и перемещениях. Уравнения Ламе и Бельтрами-Митчелла. Представление решения уравнения Ламе в формах Попковича-Нейбера и Буссинеска – Галеркина. Принцип Сен-Венана. Функция напряжений. Задача о толстостенных трубах.
19. **Уравнение Клапейрона и теорема единственности решения основных задач линейной теории упругости.** Теорема взаимности Бетти. Тензор влияния. Теорема Максвелла. Потенциалы теории упругости. Определение поля перемещений по заданным внешним силам и вектором перемещений на поверхности тела. Вариационные методы Ритца и Бубнова – Галеркина.
20. **Плоские задачи теории упругости.** Их виды. Функция напряжений Эри. Комплексное представление вектора смещения, тензора напряжений и бигармонической функции. Задача о жестком штампе. Задача Герца о сжатии упругих тел.
21. **Основные соотношения моментной теории упругости.** Эффекты моментных напряжений в линейной теории упругости. Основы теории магнитоупругости и термоупругости. Основные понятия термовязкоупругости. Условия прочности. Длительная прочность. Законы состояния нелинейно-упругого тела. Представление закона состояния квадратичным трехчленом. Закон состояния Мурнагана. Постановка задач и основные результаты теории упругих волн.

22. **Модель идеально пластического тела.** Поверхности нагружения и текучести. Остаточные пластические деформации. Простейшие конкретные модели. Понятия простого и сложного нагружений. Условия пластичности.
23. **Законы образования пластических деформаций.** Ассоциированный закон. Теория течения. Деформационные теории пластичности. Метод упругих решений. Модель пластической среды с упрочнением.
24. **Плоские задачи теории пластичности.** Линии скольжения. Основные свойства линий скольжения. Задача о кручении стержней с наличием пластических областей.
25. **Постулат устойчивости и его приложения в теории пластичности и ползучести материалов.** Модели сложных сред.
26. **Прочность и разрушение.** Классические теории прочности. Модель тела с трещинами. Критерии разрушения. Механика трещин. Механика рассеянного разрушения.

5. Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. – 11 изд., стер. – С-Пб: Лань, 2009. – 736 с.
2. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч.1. – 10 изд., стер. – С-Пб: Лань, 2009. – 480 с.
3. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч.2. – 7 изд., стер. – С-Пб: Лань, 2009. – 336 с.
4. Маркеев А.П. Теоретическая механика. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 592 с.
5. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Статика, кинематика, динамика. – М.: КноРус, 2011. – 608 с.
6. Борисов А.В., Мамаев И.С. Динамика твердого тела. – М.-Ижевск: НИЦ РХД, 2001. – 384 с.
7. Поляхов Н.Н., Зегжда С.А., Юшков М.П. Теоретическая механика. – М.: Высшая школа, 2000. – 592 с.
8. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988. – 712 с.
9. Ключников В.Д. Физико-математические основы прочности и пластичности. – М.: МГУ, 1994. – 190 с.
10. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 512 с.
11. Дарков А.В., Шапошников Н.И. Строительная механика. – М.: Наука, 1986. – 368 с.
12. Смирнов А.Ф. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. – М.: Наука, 1984. – 413 с.
13. Бабаков Н.М. Теория колебаний. – М.: Дрофа, 2004. – 591 с.

14. Тимошенко С.П. Прочность и колебания элементов конструкций. – М.: Наука, 1975. – 704 с.
15. Бетчелор Дж. Введение в динамику жидкости. – Москва-Ижевск; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. – 768 с.
16. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2 т. Т.1. 6-е изд. стер. - СПб.: Издательство "Лань", 2004. – 528 с.
17. Седов Л.И. Механика сплошной среды: – В 2 т. Т.2. 6-е изд. стер. – СПб.: Издательство "Лань", 2004. – 560с.
18. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов. 7-е изд. испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840с.
19. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. – М.: МГУ, 1990. – 310 с.
20. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. – М.: Изд-во ЛКИ. 2007. – 320 с.

Дополнительная литература:

1. Веретенников В.Г., Синицын В.А. Теоретическая механика (дополнения к общим разделам). – М.: Изд-во МАИ, 1996. – 360 с.
2. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 719 с.
3. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. В 2-х томах. – С-Пб: Лань, 2006. – Ч.1: Статика, кинематика. – 352 с. – Ч.2: Динамика. – 640 с.
4. Лидов М.Л. Курс лекций по теоретической механике. – М.: Физматлит, 2010. – 496 с.
5. Архангельский Ю.А. Аналитическая динамика твердого тела. – М.: Наука, 1977. 328 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидромеханика. – М.: Наука, 1986. –
7. Жермен П. Курс механики сплошных сред. Общая теория. – М.: Высш.шк., 1983.-399 с.
8. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. – М.: Наука. 1965. ч.1. 639с.
9. Pope S.V. Turbulent Flows, – Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000. – 771 p.
10. Robert W. Fox, Alan T. McDonald, Philip J. Pritchard. Introduction to Fluid Mechanics, International Student Version. – 8th Edition, John Wiley&Sons Inc., 2011. – 896 p.
11. Кузнецов В.Р., Сабельников В.А. Турбулентность и горение. – М: Наука, 1986. – 287 с.
12. Кернштейн И.М. и др. Основы экспериментальной механики разрушения. – М.: МГУ, 1989. – 140 с.
13. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения. – М.: Наука, 1987. – 80 с.
14. Партон В.З. Механика разрушения. От теории к практике. – М.: Наука, 1990. – 240 с.

6. Критерии оценивания результатов вступительного экзамена

Билет включает в себя 4 вопроса. Каждый вопрос по каждой дисциплине оценивается в 25%. Общее количество за 4 вопроса – 100%.

Шкала оценок:

Ответ абитуриента оценивается на 90-100% «отлично», когда он демонстрирует полное понимание фундаментальных основ механики, основных достижений и тенденций развития современной механики, технологии профессиональной и научной деятельности. Умеет четко, ясно и логично выражать свои мысли в письменной форме и устной речи; умеет применять полученные знания к решению практических задач; умеет рассуждать и делать логические выводы.

Ответ абитуриента оценивается на 75-89% «хорошо», когда он демонстрирует значительное понимание фундаментальных основ механики, основных достижений и тенденций развития современной механики, технологии профессиональной и научной деятельности. Умеет четко, ясно и логично выражать свои мысли в письменной форме и устной речи; умеет применять полученные знания к решению практических задач; умеет рассуждать и делать логические выводы.

Ответ абитуриента оценивается на 50-74% «удовлетворительно», когда ответ свидетельствует о наличии ограниченного понимания фундаментальных основ механики, основных достижений и тенденций развития современной механики, технологии профессиональной и научной деятельности. Не умеет четко, ясно и логично выражать свои мысли в письменной форме и устной речи; умеет применять полученные знания к решению практических задач; умение рассуждать и делать логические выводы.

Ответ абитуриента оценивается на 0-49% «не удовлетворительно», когда ответ свидетельствует о полном отсутствии понимания фундаментальных основ механики, основных достижений и тенденций развития современной механики, технологии профессиональной и научной деятельности. Не умеет четко, ясно и логично выражать свои мысли в письменной форме и устной речи; не умеет применять полученные знания к решению практических задач; неумение рассуждать и делать логические выводы.