

**УТВЕРЖДЕНО**  
на заседании Ученого совета  
НАО «КазНУ им. аль-Фараби».  
Протокол № 10 от 23.05.2022 г.

**Программа вступительного экзамена  
для поступающих в докторантуру  
на группу образовательных программ  
D093 - «Механика»**

**1. Общие положения.**

1. Программа составлена в соответствии с Приказом Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 октября 2018 года № 600 «Об утверждении Типовых правил приема на обучение в организации образования, реализующие образовательные программы высшего и послевузовского образования» (далее – Типовые правила).

2. Вступительный экзамен в докторантуру состоит из написания эссе, сдачи теста на готовность к обучению в докторантуре (далее - ТГО), экзамена по профилю группы образовательных программ и собеседования.

| Блок   | Баллы  |
|--|--------|
| 1. Эссе  | 10     |
| 2. Тест на готовность к обучению в докторантуре        | 30     |
| 3. Экзамен по профилю группы образовательной программы | 40     |
| 4. Собеседование                                       | 20     |
| Всего проходной  | 100/75 |

3. Продолжительность вступительного экзамена - 4 часа, в течение которых поступающий пишет эссе, проходит тест на готовность к обучению в докторантуре, отвечает на электронный экзаменационный билет. Собеседование проводится на базе вуза отдельно.

**2. Порядок проведения вступительного экзамена.**

1. Поступающие в докторантуру на группу образовательных программ D093 - «Механика» пишут научно-аналитическое эссе. Объем эссе – не менее 250-300 слов.

2. Электронный экзаменационный билет состоит из 3 вопросов.

**Темы для подготовки к экзамену  
по профилю группы образовательной программы.**

**Дисциплина «Теоретическая механика»**

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.

#### Дисциплина «Механика сплошной среды»

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.

#### Дисциплина «Механика жидкости и газа»

1. **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.
2. **Общая теория движения идеальных жидкостей и газа.** Уравнения движения идеальной среды в форме Громеки-Лемба. Теорема и интеграл Бернулли. Примеры приложения интеграла Бернулли.

3. **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.

4. **Одномерное стационарное движение идеального газа по трубе переменного сечения.** Элементарная теория сопла Лаваля. Пример плоской стационарной ударной волны. Уравнение Гюгонио.

5. **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.

6. **Динамика вязкой несжимаемой жидкости.** Уравнение Навье-Стокса динамики вязкой жидкости в безразмерных переменных. Безразмерные параметры и их смысл. Число Рейнольдса.

7. **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.

8. **Ламинарные и турбулентные движения.** Опыт Рейнольдса. Уравнение Рейнольдса осредненного турбулентного движения. Формула Буссинеска. Гипотеза Прандтля. Обзор других полуэмпирических теории турбулентности.

#### Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела»

1. **Свойства изотропии и анизотропии.** Цилиндрическая анизотропия. Сферическая анизотропия.

2. **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.

3. **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.

4. **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.

5. **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.

6. **Модель идеально пластического тела.** Поверхности нагружения и текучести. Остаточные пластические деформации. Простейшие конкретные модели. Понятия простого и сложного нагружений. Условия пластичности.

7. **Законы образования пластических деформаций.** Ассоциированный закон. Теория течения. Деформационные теории пластичности. Метод упругих решений. Модель пластической среды с упрочнением.

8. **Плоские задачи теории пластичности.** Линии скольжения. Основные свойства линий скольжения. Задача о кручении стержней с наличием пластических областей.

9. **Постулат устойчивости и его приложения в теории пластичности и ползучести материалов.** Модели сложных сред.

10. **Прочность и разрушение.** Классические теории прочности. Модель тела с трещинами. Критерии разрушения. Механика трещин. Механика рассеянного разрушения.

### 3. Список использованных источников.

#### Основная:

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 :

1. Веретенников В.Г., Сеницын 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.B. 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.