

**УТВЕРЖДЕНО**  
на заседании Ученого совета  
НАО «КазНУ им. аль-Фараби».  
Протокол № 10 от 13.05.2023 г.

**Программа вступительного экзамена  
для поступающих в докторантуру  
на группу образовательных программ  
D107 - «Космическая инженерия»**

**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.

| <b>Блок</b>  | <b>Баллы</b> |
|--|--------------|
| 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 до вступительного экзамена.

**2. Порядок проведения вступительного экзамена.**

1. Поступающие в докторантуру на группу образовательных программ D107 - «Космическая инженерия» пишут проблемное / тематическое эссе. Объем эссе – не менее 250-300 слов.

2. Электронный экзаменационный билет состоит из 3 вопросов.

## 1. Перечень экзаменационных тем

### Дисциплина «Механика»

#### **Тема 1. Предмет теоретической механики, основные понятия и определения.**

Подтемы: Кинематика точки и твердого тела. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение в криволинейном движении. Разложение ускорения по осям естественного трехгранника.

#### **Тема 2. Механическая система**

Подтемы: 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

#### **Тема 3. Плоскопараллельное движение абсолютно твердого тела**

Подтемы: Скорости и ускорения точек плоской фигуры. Мгновенные центры скоростей и ускорений.

#### **Тема 4. Движение твердого тела около неподвижной точки.**

Подтемы: Углы Эйлера. Кинематические уравнения Эйлера. Теорема Эйлера – Даламбера. Скорости и ускорения точек тела, движущегося около неподвижной точки.

#### **Тема 5. Сложное движение твердого тела.**

Подтемы: Приведение системы скользящих векторов. Главный вектор и главный момент. Инварианты приведения системы скользящих векторов. Винт.

#### **Тема 6. Движение свободного твердого тела.**

Подтемы: Теорема Шаля. Скорости и ускорения точек свободного твердого тела.

#### **Тема 7. Сложное движение точки.**

Подтемы: Абсолютное, относительное, переносное движение. Теорема о сложении скоростей. Теорема Кориолиса.

#### **Тема 8. Основные определения и аксиомы статики.**

Подтемы: Момент силы относительно центра. Момент силы относительно оси.

#### **Тема 9. Система сходящихся сил.**

Подтемы: Условия равновесия системы сходящихся сил. Система параллельных сил. Условия равновесия, эквивалентные условия равновесия. Центр тяжести. Методы нахождения центра масс.

#### **Тема 10. Теория пар.**

Подтемы: Система сил, произвольно расположенных в пространстве. Условия равновесия для различных систем сил. Статически неопределенные системы.

#### **Тема 11. Динамика точки и системы материальных точек.**

Подтемы: Прямолинейные колебания точки (гармонические, затухающие, вынужденные). Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.

#### **Тема 12. Общие теоремы динамики точки.**

Подтемы: Основные динамические величины системы. Общие теоремы динамики системы.

#### **Тема 13. Виды связей.**

Подтемы: Элементарная работа силы. Работа силы тяжести, силы упругости, силы трения. Основные понятия.

#### **Тема 14. Виртуальные и истинные перемещения.**

Подтемы: Вариация координат. Число степеней свободы.

#### **Тема 15. Обобщенные координаты, скорости и силы.**

Подтемы: Условия, налагаемые связями на вариации координат. Принцип возможных перемещений.

#### **Тема 16. Принцип Даламбера.**

Подтемы: Общие теоремы, выводимые из принципа Даламбера. Принцип Даламбера-Лагранжа.

#### **Тема 17. Метод множителей Лагранжа.**

Подтемы: Уравнения Лагранжа 1-го рода. Голономные и неголономные системы. Определение реакций с помощью уравнений Лагранжа 1-го рода.

### **Тема 18. Уравнения Лагранжа II рода.**

Подтемы: Уравнения Лагранжа для системы, находящейся под действием потенциальных сил. Функция Лагранжа. Интеграл энергии.

### **Тема 19. Циклические координаты.**

Подтемы: Метод игнорирования координат. Функция Рауса. Уравнения Рауса. Циклический интеграл.

### **Тема 20. Канонические уравнения.**

Подтемы: Канонические преобразования. Преимущества канонических уравнений.

### **Тема 21. Геометрия масс.**

Подтемы: Теорема Гюйгенса-Штейнера. Момент инерции относительно пересекающихся осей. Тензор и эллипсоид инерции. Главные оси инерции.

### **Тема 22. Дифференциальные уравнения вращательного движения твердого тела.**

Подтемы: Давление на ось. Плоскопараллельное движение абсолютно твердого тела.

### **Тема 23. Движение абсолютно твердого тела, имеющего одну неподвижную точку.**

Подтемы: Основные динамические величины. Теоремы Кенига. Динамические уравнения Эйлера.

### **Тема 24. Общая постановка задачи о движении тяжелого твердого тела с неподвижной точкой.**

Подтемы: Дифференциальные уравнения движения. Частные случаи интегрирования: случаи Эйлера, Лагранжа, Ковалевской.

## **Дисциплина «Актуальные задачи динамики космического полета»**

Тема 1. Системы координат для изучения движения искусственного спутника Земли.

Тема 2. Уравнения невозмущенного движения космического аппарата (КА).

Тема 3. Уравнения орбиты. Параметры орбиты.

Тема 4. Скорость КА, ее зависимость от различных параметров.

Тема 5. Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения.

Тема 6. Классификация орбит по эксцентриситету, энергии и начальной скорости.

Тема 7. Общие свойства невозмущенного движения КА.

Тема 8. Маневры орбитального перехода КА.

Тема 9. Время перелета КА.

Тема 10. Расчет траекторий межпланетных КА.

Тема 11. Спуск КА с орбиты искусственного спутника Земли.

Тема 12. Формула Ламберта и ее модификации в зависимости от вида орбиты.

## **Дисциплина «Системы управления ориентацией космического аппарата»**

Тема 1. Постановка задачи определения ориентации летательного аппарата.

Тема 2. Задачи и методы определения ориентации летательного аппарата. Системы координат, используемые для определения положения летательного аппарата и его ориентации. Их свойства.

Тема 3. Определение углового положения летательного аппарата. Углы Эйлера и их назначение. Преимущества и ограничения на применение. Определение углового положения летательного аппарата в углах Эйлера.

Тема 4. Кватернионы. Определение углового положения летательного аппарата в кватернионах. Их преимущества и недостатки.

Тема 5. Гравитационное поле Земли и его модели.

Тема 6. Магнитное поле Земли и его модели.

Тема 7. Моделирование атмосферы Земли.

Тема 8. Солнечная радиация, солнечный ветер и их влияние на движение летательного аппарата.

- Тема 9. Вывод дифференциальных уравнений движения летательного аппарата для различных силовых полей и возмущений.
- Тема 10. Стабилизация и ориентация летательного аппарата. Одноосная стабилизация и ориентация космического аппарата. Методы определения одноосной ориентации космического аппарата.
- Тема 11. Трехосная стабилизация и ориентация космического аппарата.
- Тема 12. Пассивные методы управления движением и ориентацией летательного аппарата.
- Тема 13. Солнечный датчик и его компоненты. Принципы его работы. Существующие солнечные датчики.
- Тема 14. Магнитометры. Принципы работы магнитометра. Существующие магнитометры.
- Тема 15. Гироскопы. Принципы работы гироскопа. Гироскопическая стабилизация.
- Тема 16. Электромагнитные исполнительные органы. Существующие электромагнитные исполнительные органы.
- Тема 17. Бортовые компьютеры, их назначение. Структура систем бортовых компьютеров.
- Тема 18. Состав и описание телеметрической информации космического аппарата и передача ее на Землю.
- Тема 19. Орбитальные маневры летательного аппарата.

## 2. Список литературы

### 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. Основы курса теоретической механики. Ч.1. – 10 изд., стер. – С-Пб: Лань, 2009. – 480 с.
3. Бухгольц Н.Н. Основы курса 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. Attitude determination and control. /edited by James R. Wertz. - Kluwer academic publishers, Dordrecht/Boston/London 1990, ISBN - 90-277- 0959 - 9 - 882 p.
9. Peter Berlin. Satellite Platform Design – Kiruna, 2005. – 529 p.
10. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов: учебник для вузов. – М.: Дрофа, 2004. – 544 с.
11. Мамон П.А., Кульвиц А.В. Теория полета КА: Курс лекций. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2007. – 160 с.
12. Овчинников М.Ю. Введение в динамику космического полета. – М.: МФТИ, 2016. – 208 с.
13. Бахшиян Б.Ц., Федяев К.С. Основы космической баллистики и навигации. Курс лекций. – М.: ИКИ РАН, 2013. – 119 с.
14. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета. – М.: Наука, 1990. – 448 с.
15. Балк М.Б. Элементы динамики космического полета. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
16. Разыграев А.П. Основы управления полетом космических аппаратов: Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 480 с: ил.
17. Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. -М: Наука. Гл.ред. физ-мат. лит., 1977. – 360 с.

18. Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. -М: Наука. Гл.ред. физ-мат. лит., 1965. – 416 с.

**Дополнительная:**

1. Архангельский Ю.А. Аналитическая динамика твердого тела. М.: Наука, 1977. 328 с.
2. 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.
3. Лидов М.Л. Курс лекций по теоретической механике. – М.: Физматлит, 2010. – 496 с.
4. Киладзе Р.И., Сочилина А.С. Теория движения геостационарных спутников. – СПб.: ООО «ВВМ», 2008. – 132 с.
5. Гуков В.В., Кириленко ПЛ., Мареев Ю.А. Основы теории полета летательных аппаратов. – М.: Наука, 1978. – 70 с.
6. Лысенко Л.Н. Наведение и навигация баллистических ракет: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 672 с.
7. Механика космического полета /под ред. В.П. Мишина. – М.: Машиностроение, 1989. – 408 с.
8. Полет космических аппаратов. Примеры и задачи /под общ. ред. Г.С.Титова. – М.: Машиностроение, 1990. – 325 с.
9. Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. – М.: Наука, 1977. – 360 с.