

**УТВЕРЖДЕНО**  
**на заседании Ученого совета**  
**НАО «КазНУ им. аль-Фараби»**  
**Протокол №11 от 11.06.2024 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 собеседования, написания эссе и экзамена по профилю группы образовательных программ.

| Блок  | Баллы  |
|---|--------|
| 1. Собеседование                                      | 30     |
| 2. Эссе   | 20     |
| 3. Экзамен по профилю группы образовательных программ | 50     |
| Всего / проходной                                     | 100/75 |

3. Продолжительность вступительного экзамена – 3 часа 10 минут, в течение которых поступающий пишет эссе, 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 слов.

Цель эссе – определить уровень аналитических и творческих способностей, выраженных в умении выстраивать собственную аргументацию на основе теоретических знаний, социального и личного опыта.

Виды эссе:

– мотивационное эссе с раскрытием побудительных мотивов к исследовательской деятельности;

- научно-аналитическое эссе с обоснованием актуальности и методологии планируемого исследования;
- проблемное/тематическое эссе, отражающее различные аспекты научного знания в предметной области.

## **2. Электронный экзаменационный билет состоит из 3 вопросов.**

Темы для подготовки к экзамену по профилю группы образовательной программы:

### **Дисциплина «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.

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

1. Системы координат для изучения движения искусственного спутника Земли.

2. Уравнения невозмущенного движения космического аппарата (КА).

3. Уравнения орбиты. Параметры орбиты.

4. Скорость КА, ее зависимость от различных параметров.

5. Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения.

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

7. Общие свойства невозмущенного движения КА.

8. Маневры орбитального перехода КА.

9. Время перелета КА.

10. Расчет траекторий межпланетных КА.

11. Спуск КА с орбиты искусственного спутника Земли.

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

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

1. Постановка задачи определения ориентации летательного аппарата.
2. Задачи и методы определения ориентации летательного аппарата. Системы координат, используемые для определения положения летательного аппарата и его ориентации. Их свойства.
3. Определение углового положения летательного аппарата. Углы Эйлера и их назначение. Преимущества и ограничения на применение. Определение углового положения летательного аппарата в углах Эйлера.
4. Кватернионы. Определение углового положения летательного аппарата в кватернионах. Их преимущества и недостатки.
5. Гравитационное поле Земли и его модели.
6. Магнитное поле Земли и его модели.
7. Моделирование атмосферы Земли.
8. Солнечная радиация, солнечный ветер и их влияние на движение летательного аппарата.
9. Вывод дифференциальных уравнений движения летательного аппарата для различных силовых полей и возмущений.
10. Стабилизация и ориентация летательного аппарата. Одноосная стабилизация и ориентация космического аппарата. Методы определения одноосной ориентации космического аппарата.
11. Трехосная стабилизация и ориентация космического аппарата.
12. Пассивные методы управления движением и ориентацией летательного аппарата.
13. Солнечный датчик и его компоненты. Принципы его работы. Существующие солнечные датчики.
14. Магнитометры. Принципы работы магнитометра. Существующие магнитометры.
15. Гироскопы. Принципы работы гироскопа. Гироскопическая стабилизация.
16. Электромагнитные исполнительные органы. Существующие электромагнитные исполнительные органы.
17. Бортовые компьютеры, их назначение. Структура систем бортовых компьютеров.
18. Состав и описание телеметрической информации космического аппарата и передача ее на Землю.
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. 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. 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 втузов. - 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.