

**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  
«8D07111 – Космическая техника и технологии»**

**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.Д.; д.ф.-м.н., доц. Жилисбаевой К.С.

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) «8D07111 -Космическая техника и технологии» 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 «8D07111 -Космическая техника и технологии» уровня научных и профессиональных знаний и навыков, соответствующих образовательной программе, осуществляемой в докторантуре (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, баллистики, управления летательными аппаратами и пакетов прикладных программ, основных достижений и тенденций развития современной науки, технологии профессиональной и научной деятельности.
- Навыки решения стандартных научных и профессиональных задач; владение методами исследования характерных задач прикладной математики и механики; владение компьютерными методами решения задач.
- 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. Экзаменующиеся 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 «8D07111 - Космическая техника и технологии», должен иметь фундаментальную научную и профессиональную подготовку, владеть современными знаниями в области механики, баллистики, управления летательными аппаратами, 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, желателен 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 по образовательной программе «8D07111- Космическая техника и технологии» 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 космической технике и технологиям не требуются жесткие пререквизиты, обязательным условием для поступления являются хорошее знание математики, информатики, а также достаточно глубокие знания разделов механики, баллистики, управления летательными аппаратами и пакетов прикладных программ.

Пререквизитами являются дисциплины: «Проектирование космических аппаратов» – 5 ECTS кредитов, «Математика» - 5 ECTS кредитов, «Программирование» - 5 ECTS кредитов.

### 4. Перечень экзаменационных тем

#### Раздел «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.

#### **Раздел «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.

#### **Раздел «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.

## 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. 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. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета. – М.: Наука, 1990. – 448 с.
13. Балк М.Б. Элементы динамики космического полета. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
14. Разыграев А.П. Основы управления полетом космических аппаратов: Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 480 с: ил.
15. Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. -М: Наука. Гл.ред. физ-мат. лит., 1977. – 360 с.
16. Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. -М: Наука. Гл.ред. физ-мат. лит., 1965. – 416 с.

### Дополнительная литература:

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 П.Л., Мареев Ю.А. Основы теории полета летательных аппаратов. – М.: Наука, 1978. – 70 с.
6. Левантовский В.И. Механика космического полета в элементарном изложении. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
7. Лысенко Л.Н. Наведение и навигация баллистических ракет: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 672 с.
8. Механика космического полета /под ред. В.П. Мишина. – М.: Машиностроение, 1989. – 408 с.
9. Полет космических аппаратов. Примеры и задачи /под общ. ред. Г.С.Титова. – М.: Машиностроение, 1990. – 325 с.
10. Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. – М.: Наука, 1977. – 360 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% «неудовлетворительно», 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.